

19.11.2004

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 4 年 1 月 9 日
Date of Application:

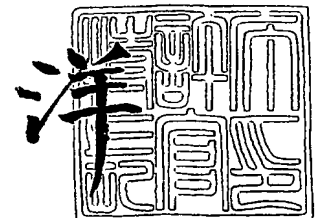
出 願 番 号 特 願 2 0 0 4 - 0 0 3 8 8 5
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 4 - 0 0 3 8 8 5]

出 願 人 松 下 電 器 産 業 株 式 会 社
Applicant(s):

2 0 0 5 年 1 月 7 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川



BEST AVAILABLE COPY

出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 1 2 0 3 7 1

【書類名】 特許願
【整理番号】 7047950028
【提出日】 平成16年 1月 9日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 H04L 27/32
【発明者】
 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
 【氏名】 村上 豊
【発明者】
 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
 【氏名】 小林 聖峰
【発明者】
 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
 【氏名】 折橋 雅之
【発明者】
 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
 【氏名】 松岡 昭彦
【特許出願人】
 【識別番号】 000005821
 【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100105050
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 鷺田 公一
【先の出願に基づく優先権主張】
 【出願番号】 特願2003-391860
 【出願日】 平成15年11月21日
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 041243
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 9700376

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

複数アンテナから同時に送信された複数の変調信号を複数アンテナで受信し、受信信号から、前記複数の変調信号の各々に対応するデータ系列を復元するマルチアンテナ受信装置であって、

前記受信信号から前記変調信号の全て又はいずれか 1 つ以上を仮判定する仮判定部と、
自変調信号以外の変調信号についての仮判定結果を用いて自変調信号についての候補信号点を削減する信号点削減部と、

削減された候補信号点と前記受信信号の受信点との信号点距離を計算することにより、
自変調信号についてのデジタルデータを得る主判定部と

を具備するマルチアンテナ受信装置。

【請求項 2】

さらに、各変調信号に挿入された既知信号に基づいて、各送信アンテナと各受信アンテナ間でのチャネル変動値を推定するチャネル変動推定部を具備し、

前記仮判定部は、前記チャネル変動値を要素とするチャネル変動行列を用いて各送信アンテナから送信された変調信号と各受信アンテナで受信した受信信号とを関連付け、前記チャネル変動行列の逆行列演算を行うことにより、受信信号を各送信アンテナから送信された変調信号に分離する分離部と、分離された各変調信号を軟判定又は硬判定することによりデジタル信号を得てこれを仮判定値とする判定部と、を有し、

前記信号点削減部は、前記チャネル変動値に基づいて、多重された前記複数の変調信号の全候補信号点を求め、この全候補信号点から前記仮判定値を用いて自変調信号についての候補信号点を絞り込むことにより、自変調信号についての候補信号点を削減する

請求項 1 に記載のマルチアンテナ受信装置。

【請求項 3】

さらに、前記主判定部により得られたデジタルデータのうち、自変調信号以外のデジタルデータを用いて自変調信号についての候補信号点を削減する信号点削減部を具備する

請求項 1 に記載のマルチアンテナ受信装置。

【請求項 4】

さらに、前記主判定部により得られたデジタルデータのうち、自変調信号以外のデジタルデータを用いて自変調信号についての候補信号点を削減する信号点削減部を具備し、
前記主判定部により順次得られるデジタルデータを再帰的に用いて候補信号点を削減する

請求項 1 に記載のマルチアンテナ受信装置。

【請求項 5】

前記複数の変調信号は、各変調信号間で受信品質が異なるように変調された信号である
請求項 1 から請求項 4 のいずれかに記載のマルチアンテナ受信装置。

【請求項 6】

前記主判定部は、前記仮判定部での判定の信頼度を用いて判定を行う
請求項 1 に記載のマルチアンテナ受信装置。

【請求項 7】

前記主判定部は、前記仮判定部での各シンボルのパスメトリックを前記信頼度として用い、当該パスメトリックでプランチメトリックを重み付けて判定を行う

請求項 6 に記載のマルチアンテナ受信装置。

【請求項 8】

同時送信された複数の変調信号が伝搬路上で多重されてなる受信信号から、各変調信号に対応するデータ系列を復元するマルチアンテナ受信方法であって、

前記受信信号から前記変調信号の全て又はいずれか 1 つ以上を仮判定する仮判定ステップと、

自変調信号以外の変調信号についての仮判定結果を用いて自変調信号についての候補信

号点を削減する信号点削減ステップと、

削減された候補信号点と前記受信信号の受信点とに基づき自変調信号についてのデジタルデータを得る主判定ステップとを含むマルチアンテナ受信方法。

【請求項 9】

前記仮判定ステップでは大まかな判定を行い、前記主判定ステップでは詳細な判定を行う

請求項 8 に記載のマルチアンテナ受信方法。

【請求項 10】

前記仮判定ステップでは、チャネル変動行列の逆行列演算により各変調信号を分離し、分離後の各変調信号を変調信号毎に判定し、

前記主判定ステップでは、最尤判定を含む演算を行う

請求項 9 に記載のマルチアンテナ受信方法。

【請求項 11】

さらに、前記主判定ステップにより得られたデジタルデータを再帰的に用いたイタレーション処理により前記主判定ステップで用いる候補信号点を削減する信号点削減ステップを含む

請求項 8 に記載のマルチアンテナ受信方法。

【請求項 12】

前記主判定ステップでは、前記仮判定ステップでの判定の信頼度を用いて判定を行う

請求項 8 に記載のマルチアンテナ受信方法。

【請求項 13】

複数のアンテナと、

前記各アンテナに対応して設けられ、前記各アンテナから送信する信号をそれぞれ異なるインターリーブパターンでインターリーブする複数のインターリーブと

を具備するマルチアンテナ送信装置。

【請求項 14】

前記複数のインターリーブにおけるインターリーブパターンは、各インターリーブ間で無相関となるように選定されている

請求項 13 に記載のマルチアンテナ送信装置。

【請求項 15】

さらに、インターリーブ後の各送信信号を OFDM 変調する OFDM 変調部を具備し、

前記複数のインターリーブのうち第 1 のインターリーブは、周波数の低いサブキャリアから周波数の高いサブキャリアへとデータを配置するインターリーブパターンが選定されていると共に、第 2 のインターリーブは、周波数の高いサブキャリアから周波数の低いサブキャリアへとデータを配置するインターリーブパターンが選定されている

請求項 13 に記載のマルチアンテナ送信装置。

【請求項 16】

さらに、インターリーブ後の各送信信号を OFDM 変調する OFDM 変調部を具備し、

前記複数のインターリーブのうち第 1 のインターリーブは、サブキャリアの時間方向に時間の早い方から時間の遅い方へとデータを配置するインターリーブパターンが選定されていると共に、第 2 のインターリーブは、サブキャリアの時間方向に時間の遅い方から時間の早い方へとデータを配置するインターリーブパターンが選定されている

請求項 13 に記載のマルチアンテナ送信装置。

【請求項 17】

さらに、時空間符号をデータシンボル間に挿入する時空間符号挿入部を具備する

請求項 13 に記載のマルチアンテナ送信装置。

【請求項 18】

さらに、データシンボルと比較して判定誤りの小さい特殊シンボルを、データシンボル間に挿入する特殊シンボル挿入部を具備する

請求項 13 に記載のマルチアンテナ送信装置。

【請求項 19】

さらに、符号化ブロック内で、必ず 1 度は、送信するアンテナを切り替えるアンテナ切り替え部を具備する

請求項 13 に記載のマルチアンテナ送信装置。

【請求項 20】

複数のアンテナを有し各アンテナから同時に異なる変調信号を送信するマルチアンテナ送信装置と、複数のアンテナを有し当該複数アンテナで受信した受信信号を復調することにより、各変調信号に対応するデータ系列を復元するマルチアンテナ受信装置と、を備えるマルチアンテナ通信システムであって、

前記マルチアンテナ送信装置は、

前記各アンテナから送信する信号をそれぞれ異なるインターリーブパターンでインターリーブする複数のインターリーバを具備し、

前記マルチアンテナ受信装置は、

前記受信信号から前記変調信号の全て又はいずれか 1 つ以上を仮判定する仮判定部と、自変調信号以外の変調信号についての仮判定結果を用いて自変調信号についての候補信号点を削減する信号点削減部と、

削減された候補信号点と前記受信信号の受信点との信号点距離を計算することにより、自変調信号についてのデジタルデータを得る主判定部と、

を具備するマルチアンテナ通信システム。

【請求項 21】

前記マルチアンテナ送信装置は、さらに、時空間符号をデータシンボル間に挿入する時空間符号挿入部を具備する

請求項 20 に記載のマルチアンテナ通信システム。

【請求項 22】

前記マルチアンテナ送信装置は、さらに、データシンボルと比較して判定誤りの小さい特殊シンボルを、データシンボル間に挿入する特殊シンボル挿入部を具備する

請求項 20 に記載のマルチアンテナ通信システム。

【請求項 23】

前記マルチアンテナ送信装置は、さらに、符号化ブロック内で、必ず 1 度は、送信するアンテナを切り替えるアンテナ切り替え部を具備する

請求項 20 に記載のマルチアンテナ通信システム。

【書類名】明細書

【発明の名称】マルチアンテナ受信装置、マルチアンテナ受信方法、マルチアンテナ送信装置及びマルチアンテナ通信システム

【技術分野】

【0001】

本発明はマルチアンテナ受信装置、マルチアンテナ受信方法、マルチアンテナ送信装置及びマルチアンテナ通信システムに関し、特に送信側の複数アンテナから同時に送信された異なる変調信号を複数のアンテナで受信し、伝搬路上で複数の変調信号が多重化されてなる受信信号から各変調信号に対応する送信データを復元する技術に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、MIMO (Multiple-Input Multiple-Output) と呼ばれる通信方法のように複数系列の送信データをそれぞれ変調し、各変調データを複数のアンテナから同時に送信することで、データの通信速度を高めるようにしたものがある。受信側では、複数のアンテナからの送信信号を複数のアンテナで受信する。

【0003】

ここで各受信アンテナで得られる受信信号は、複数の変調信号が伝搬空間上で混ざり合ったものとなるので、各変調信号に対応するデータを復元するためには、各変調信号の伝搬路での変動値（以下これをチャネル変動と呼ぶ）を推定する必要がある。このため送信装置は予め変調信号にパイロットシンボル等の既知信号を挿入し、受信装置は変調信号に挿入された既知信号に基づいて、各送信アンテナと各受信アンテナ間の伝搬空間でのチャネル変動を推定する。そしてこのチャネル変動推定値を用いて各変調信号を復調する。

【0004】

その一つの方法として、チャネル変動推定値を要素とする行列の逆行列演算を行って各変調信号を分離する方法がある。また別の方法として、チャネル変動推定値を用いて候補信号点位置を求め、この候補信号点位置と受信信号点位置との間で最尤判定 (MLD: Maximum Likelihood Detection) を行うことで、各変調信号により送信されたデータを復元する方法がある。

【0005】

このようなマルチアンテナを用いた通信技術については、例えば非特許文献1で開示されている。以下、この非特許文献1に開示された内容について、図46を用いて簡単に説明する。マルチアンテナ送信装置1は、変調信号生成部3に送信信号A及び送信信号Bを入力する。変調信号生成部3は各送信信号A、Bに対してQPSK (Quadrature Phase Shift Keying) や16QAM (Quadrature Amplitude Modulation) 等のデジタル変調処理を施し、これにより得たベースバンド信号4、5を無線部6に送出する。無線部6はベースバンド信号4、5に対してアップコンバートや増幅等の無線処理を施し、これにより得た変調信号7、8を各アンテナ9、10に送出する。このようにしてマルチアンテナ送信装置1は、送信信号Aの変調信号7をアンテナ9から送信すると共に、これと同時に送信信号Bの変調信号8をアンテナ10から送信するようになっている。

【0006】

マルチアンテナ受信装置2は、アンテナ11で受信した受信信号12を無線部13に入力すると共に、アンテナ15で受信した受信信号16を無線部17に入力する。無線部13、17は受信信号12、16に対してダウンコンバート等の無線処理を施し、これにより得たベースバンド信号14、18を復調部19に送出する。

【0007】

復調部19はベースバンド信号14、18を検波することにより、送信信号Aの受信デジタル信号20及び送信信号Bの受信デジタル信号21を得る。このとき非特許文献1では、復調部19において、チャネル推定行列の逆行列演算を行って受信デジタル信号20、21を得る方法と、最尤判定 (MLD) を行って受信デジタル信号20、21を得る方法が記載されている。

【非特許文献1】 “Multiple-antenna diversity techniques for transmission over fading channels” IEEE WCNC 1999, pp.1038-1042, Sep. 1999.

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

ところで、上述したようなマルチアンテナを用いたシステムでは、データ通信速度は上がるものの、特に受信装置の構成が複雑化する問題がある。特に最尤判定 (MLD) を行って各変調信号に対応するデータを得る方法では、候補信号点と受信点との間の最尤判定に要する演算数が多くなるため、回路規模が大きくなってしまう。

【0009】

具体的に、送信アンテナ数が2で、受信アンテナ数が2の場合を考えると、QPSKを施した変調信号を各アンテナから送信した場合、 $4 \times 4 = 16$ 個の候補信号点が存在することになる。さらに16QAMを施した変調信号を各アンテナから送信した場合には、 $16 \times 16 = 256$ 個の候補信号点が存在することになる。最尤判定 (MLD) を行う場合、実際の受信点とこれらの全候補信号との距離を計算する必要があるため、膨大な計算が必要となり、回路規模の増大に繋がる。

【0010】

これに対して、チャネル推定行列の逆行列を用いて、受信信号から各変調信号を分離した後には判定を行う方法では、最尤判定 (MLD) を行う方法と比較して演算数が少なくなるため、回路規模は小さくなるが、電波伝搬環境によっては誤り率特性が低下し、この結果受信データの誤り率特性が劣化する欠点がある。誤り率特性が低下すると、実質的なデータ通信速度が低下することに繋がる。

【0011】

本発明はかかる点に鑑みてなされたものであり、誤り率特性を維持しつつ、装置構成を簡単化できるマルチアンテナ受信装置、マルチアンテナ受信方法、マルチアンテナ送信装置及びマルチアンテナ通信システムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0012】

かかる課題を解決するため本発明のマルチアンテナ受信装置は、複数アンテナから同時に送信された複数の変調信号を複数アンテナで受信し、受信信号から前記複数の変調信号の各々に対応するデータ系列を復元するマルチアンテナ受信装置であって、前記受信信号から前記変調信号の全て又はいずれか1つ以上を仮判定する仮判定部と、自変調信号以外の変調信号についての仮判定結果を用いて自変調信号についての候補信号点を削減する信号点削減部と、削減された候補信号点と前記受信信号の受信点との信号点距離を計算することにより自変調信号についてのデジタルデータを得る主判定部とを具備する構成を採る。

【0013】

この構成によれば、他の変調信号の仮判定結果を使って自変調信号の候補信号点を削減した後に、主判定を行うようにしたので、主判定で最尤判定 (MLD) 等の詳細な判定を行った場合の演算量が削減される。この結果、目的の変調信号に対応するデジタルデータを小さい回路規模で正確に求めることができるようになる。

【0014】

本発明のマルチアンテナ受信装置は、さらに、各変調信号に挿入された既知信号に基づいて各送信アンテナと各受信アンテナ間でのチャネル変動値を推定するチャネル変動推定部を具備し、前記仮判定部は、前記チャネル変動値を要素とするチャネル変動行列を用いて各送信アンテナから送信された変調信号と各受信アンテナで受信した受信信号とを関連付け、前記チャネル変動行列の逆行列演算を行うことにより、受信信号を各送信アンテナから送信された変調信号に分離する分離部と、分離された各変調信号を軟判定又は硬判定することによりデジタル信号を得てこれを仮判定値とする判定部と、を有し、前記信号点削減部は、前記チャネル変動値に基づいて、多重された前記複数の変調信号の全候補信

号点を求め、この全候補信号点から前記仮判定値を用いて自変調信号についての候補信号点を絞り込むことにより自変調信号についての候補信号点を削減する構成を採る。

【0015】

この構成によれば、仮判定部を小さい回路規模で実現できるようになる。

【0016】

本発明のマルチアンテナ受信装置は、さらに、前記主判定部により得られたデジタルデータのうち、自変調信号以外のデジタルデータを用いて自変調信号についての候補信号点を削減する信号点削減部を具備する構成を採る。

【0017】

この構成によれば、主判定部により得られるデジタルデータは、仮判定部により得られるデジタルデータよりも誤り率特性の良いデータであり、このデータを用いて候補信号点を削減するので、的確な候補信号点の絞り込みができるようになる。

【0018】

本発明のマルチアンテナ受信装置は、さらに、前記主判定部により得られたデジタルデータのうち、自変調信号以外のデジタルデータを用いて自変調信号についての候補信号点を削減する信号点削減部を具備し、前記主判定部により順次得られるデジタルデータを再帰的に用いて候補信号点を削減する構成を採る。

【0019】

この構成によれば、所謂イタレーションにより候補信号点を削減するようにしたので、一段と的確な候補信号点の絞り込みができるようになるので、主判定部により得られるデジタルデータの誤り率特性を一段と向上させることができるようになる。

【0020】

本発明のマルチアンテナ受信装置は、前記複数の変調信号は、各変調信号間で受信品質が異なるように変調された信号である構成を採る。

【0021】

この構成によれば、例えば第1の変調信号の変調多値数を第2の変調信号の変調多値数よりも少なくし、第1の変調信号を仮判定し、その仮判定結果を用いて第2の変調信号についての候補信号点を削減すれば、受信品質の良い第1の変調信号の仮判定結果によって的確な信号点削減を行うことができるようになる。この結果、第2の変調信号を主判定したデジタルデータは、伝送速度が高くかつ誤り率特性の良いものとなる。これにより、受信品質の向上と伝送速度の向上の両立を図ることができる。

【0022】

本発明のマルチアンテナ受信装置は、前記主判定部が、前記仮判定部での判定の信頼度を用いて判定を行うようにする。

【0023】

また本発明のマルチアンテナ受信装置は、前記主判定部が、前記仮判定部での各シンボルのパスメトリックを前記信頼度として用い、当該パスメトリックでブランチメトリックを重み付けて判定を行うようにする。

【0024】

これらの構成によれば、主判定処理により得られるデータの誤り率特性を一段と向上させることができるようになる。

【0025】

本発明のマルチアンテナ受信方法は、同時送信された複数の変調信号が伝搬路上で多重されてなる受信信号から、各変調信号に対応するデータ系列を復元するマルチアンテナ受信方法であって、前記受信信号から前記変調信号の全て又はいずれか1つ以上を仮判定する仮判定ステップと、自変調信号以外の変調信号についての仮判定結果を用いて自変調信号についての候補信号点を削減する信号点削減ステップと、削減された候補信号点と前記受信信号の受信点とに基づき自変調信号についてのデジタルデータを得る主判定ステップとを含むようにする。

【0026】

この方法によれば、他の変調信号の仮判定結果を使って自変調信号の候補信号点を削減した後に、主判定を行うようにしたので、主判定で少ない演算量で的確な判定処理を行うことができるようになり、小さな回路規模で誤り率特性の良い受信データを得ることができる。

【0027】

本発明のマルチアンテナ受信方法は、前記仮判定ステップでは大まかな判定を行い、前記主判定ステップでは詳細な判定を行うようにする。

【0028】

本発明のマルチアンテナ受信方法は、前記仮判定ステップでは、チャネル変動行列の逆行列演算により各変調信号を分離し、分離後の各変調信号を変調信号毎に判定し、前記主判定ステップでは、最尤判定を含む演算を行うようにする。

【0029】

本発明のマルチアンテナ受信方法は、さらに、前記主判定ステップにより得られたデジタルデータを再帰的に用いたイタレーション処理により前記主判定ステップで用いる候補信号点を削減する信号点削減ステップを含むようにする。

【0030】

本発明のマルチアンテナ送信装置は、複数のアンテナと、前記各アンテナに対応して設けられ、前記各アンテナから送信する信号をそれぞれ異なるインターリーブパターンでインターリーブする複数のインターリーバとを具備する構成を採る。

【0031】

この構成によれば、伝搬路上で多重化された変調信号から、例えばある変調信号の判定結果に基づいて他の変調信号の候補信号点を絞り込んだ後に、前記他の変調信号の判定を行うような場合に、両方の変調信号のデータがバースト的に誤る確率を低くできるので、前記他の変調信号の判定結果であるデータの誤り率特性を向上させることができるようになる。特に、誤り訂正符号を用いている場合に効果的である。

【0032】

本発明のマルチアンテナ送信装置は、前記複数のインターリーバにおけるインターリーブパターンは、各インターリーバ間で無相関となるように選定されている構成を採る。

【0033】

この構成によれば、前記ある変調信号と前記他の変調信号の両方のデータがバースト的に誤る確率を一段と低減できるので、前記他の変調信号の判定結果であるデータの誤り率特性を一段と向上させることができる。

【0034】

本発明のマルチアンテナ送信装置は、さらに、インターリーブ後の各送信信号をOFDM変調するOFDM変調部を具備し、前記複数のインターリーバのうち第1のインターリーバは、周波数の低いサブキャリアから周波数の高いサブキャリアへとデータを配置するインターリーブパターンが選定されていると共に、第2のインターリーバは、周波数の高いサブキャリアから周波数の低いサブキャリアへとデータを配置するインターリーブパターンが選定されている構成を採る。

【0035】

また本発明のマルチアンテナ送信装置は、さらに、インターリーブ後の各送信信号をOFDM変調するOFDM変調部を具備し、前記複数のインターリーバのうち第1のインターリーバは、サブキャリアの時間方向に時間の早い方から時間の遅い方へとデータを配置するインターリーブパターンが選定されていると共に、第2のインターリーバは、サブキャリアの時間方向に時間の遅い方から時間の早い方へとデータを配置するインターリーブパターンが選定されている構成を採る。

【0036】

これら構成によれば、第1のインターリーバによりインターリーブされて第1のアンテナから送信されたOFDM変調信号の判定後のデータと、第2のインターリーバによりインターリーブされて第2のアンテナから送信されたOFDM変調信号の判定後のデータの

両方がバースト的に誤る確率が低くなるので、前記他の変調信号の判定結果であるデータの誤り率特性を向上させることができるようになる。

【0037】

本発明のマルチアンテナ送信装置は、さらに、時空間符号をデータシンボル間に挿入する時空間符号挿入部を具備する構成を採る。

【0038】

また本発明のマルチアンテナ送信装置は、さらに、データシンボルと比較して判定誤りの小さい特殊シンボルを、データシンボル間に挿入する特殊シンボル挿入部を具備する構成を採る。

【0039】

これらの構成によれば、時空間符号や特殊シンボルによって信頼性の高いシンボル判定を行うことができるようになるので、この判定結果に基づいてデータシンボルについての信号点削減を行うと、削減された信号点の信頼性も高くなる。この結果、削減された信号点を用いてデータシンボルを判定すれば、一段とデータシンボルの誤り率特性を向上させることができるようになる。

【0040】

本発明のマルチアンテナ通信システムは、複数のアンテナを有し各アンテナから同時に異なる変調信号を送信するマルチアンテナ送信装置と、複数のアンテナを有し当該複数アンテナで受信した受信信号を復調することにより、各変調信号に対応するデータ系列を復元するマルチアンテナ受信装置と、を備えるマルチアンテナ通信システムであって、前記マルチアンテナ送信装置は、前記各アンテナから送信する信号をそれぞれ異なるインターリーブパターンでインターリーブする複数のインターリーバを具備し、前記マルチアンテナ受信装置は、前記受信信号から前記変調信号の全て又はいずれか1つ以上を仮判定する仮判定部と、自変調信号以外の変調信号についての仮判定結果を用いて自変調信号についての候補信号点を削減する信号点削減部と、削減された候補信号点と前記受信信号の受信点との信号点距離を計算することにより、自変調信号についてのデジタルデータを得る主判定部と、を具備する構成を採る。

【0041】

この構成によれば、他の変調信号の仮判定結果を使って自変調信号の候補信号点を削減した後に、主判定を行うようにしたので、主判定で最尤判定（MLD）等の詳細な判定を行った場合の演算量が削減される。この結果、目的の変調信号に対応するデジタルデータを小さい回路規模で正確に求めることができるようになる。さらに、各変調信号のインターリーブパターンが異なるので、両方の変調信号のデータがバースト的に誤る確率が低くなり、主判定を一段と正確に行うことができ、この結果データの誤り率特性を一段と向上させることができるようになる。

【発明の効果】**【0042】**

このように本発明によれば、同時送信された複数の変調信号が伝搬路上で多重されてなる受信信号から、各変調信号の全て又はいずれか1つ以上を仮判定し、自変調信号以外の変調信号についての仮判定結果を用いて自変調信号についての候補信号点を削減し、削減した候補信号点と前記受信信号の受信点とに基づき自変調信号についてのデジタルデータを得るようにしたことにより、誤り率特性を維持しつつ、装置構成を簡単化できるマルチアンテナ受信装置を実現できる。

【0043】

また各アンテナから送信する送信信号を異なるインターリーブパターンでインターリーブするようにしたことにより、マルチアンテナ受信装置での誤り率特性を一段と向上させることができるようになる。

【発明を実施するための最良の形態】**【0044】**

マルチアンテナ送信装置から同時送信され、伝搬路上で多重化された複数の変調信号を

マルチアンテナ受信装置で受信し、各変調信号の信号点判定を行って誤り率特性の良いデータを得るには、膨大な演算量が必要となる。特にチャンネル数（アンテナ数）が多いほど、変調多値数が多いほど、演算回数が多くなる。

【0045】

本発明の骨子は、変調信号の受信点を判定して受信データを得る際に用いる候補信号点を、自変調信号以外の他の変調信号の判定値を使って削減し、削減した候補信号点を用いて自変調信号についての判定（主判定）を行うことである。

【0046】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

【0047】

（実施の形態1）

図1に、本実施の形態で説明するマルチアンテナ通信システムの全体構成を示す。本実施の形態では、説明を簡単化するために、送信アンテナが2本で、受信アンテナが2本の場合について記述するが、M（ $M \geq 2$ ）本の送信アンテナと、N（ $N \geq 2$ ）本の受信アンテナを有するマルチアンテナシステムに適用可能である。

【0048】

マルチアンテナ通信システム100のマルチアンテナ送信装置110は、送信部111において各送信デジタル信号TA、TBに対して所定の変調処理や無線周波数への変換処理を施すことにより変調信号Ta、Tbを得、これを各アンテナAN1、AN2から送信する。マルチアンテナ受信装置120は、各アンテナAN3、AN4で受信した受信信号R1、R2を受信部121に入力する。受信部121は受信信号R1、R2に対して復調処理を施すことにより、送信デジタル信号TA、TBに対応する受信データRA、RBを得る。

【0049】

ここでアンテナAN1から送信された変調信号Taは、チャンネル変動h11(t)、h12(t)を受けた後にアンテナAN3、AN4で受信される。またアンテナAN2から送信された変調信号Tbは、チャンネル変動h21(t)、h22(t)を受けた後にアンテナAN3、AN4で受信される。

【0050】

よって、時間のパラメータtを用いて、アンテナAN1から送信される信号をTa(t)、アンテナAN2から送信される信号をTb(t)、受信アンテナAN3で受信した信号をR1(t)、受信アンテナAN4で受信した信号をR2(t)とすると、以下の関係式が成立する。

【0051】

【数1】

$$\begin{pmatrix} R1(t) \\ R2(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h11(t) & h21(t) \\ h12(t) & h22(t) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Ta(t) \\ Tb(t) \end{pmatrix} \dots\dots\dots (1)$$

図2に、マルチアンテナ送信装置110の構成を示す。マルチアンテナ送信装置110は符号化部201A、201Bに送信デジタル信号TA、TBを入力する。符号化部201A、201Bは、フレーム構成信号生成部210からのフレーム構成信号S10に従って、送信デジタル信号TA、TBに畳み込み符号化処理を施すことにより符号化データS1A、S1Bを形成し、これを変調部202A、202Bに送出する。

【0052】

変調部202A、202Bは、符号化データS1A、S1Bに対してQPSKや16QAM等の変調処理を施すと共に、フレーム構成信号S10に従ったタイミングでチャンネル推定用のシンボルを挿入することにより、ベースバンド信号S2A、S2Bを形成し、これを拡散部203A、203Bに送出する。図3に、各ベースバンド信号のフレーム構成例を示す。

【0053】

拡散部 203A、203Bは、ベースバンド信号に拡散符号を乗算することにより拡散されたベースバンド信号S3A、S3Bを得、これを無線部204A、204Bに送出する。なお拡散部203Aと拡散部203Bとは異なる拡散符号を用いるようになっている。無線部204A、204Bは、拡散されたベースバンド信号S3A、S3Bに対してアップコンバートや増幅等の無線処理を施すことにより変調信号Ta、Tbを形成し、これをアンテナAN1、AN2に供給する。

【0054】

かくして各アンテナAN1、AN2からは、時間軸方向に畳み込み符号化された異なる変調信号Ta、Tbが同時に送信される。

【0055】

図4に、マルチアンテナ受信装置120の全体構成を示す。マルチアンテナ受信装置120はアンテナAN3、AN4で受信した受信信号R1、R2をそれぞれ無線部401-1、401-2に供給する。無線部401-1、401-2は、受信信号に対してダウンコンバートや直交復調などの無線処理を施すことによりベースバンド信号R1-1、R2-1を得、これを逆拡散部402-1、402-2に送出する。

【0056】

逆拡散部402-1は、ベースバンド信号R1-1に対して図2の拡散部203A及び拡散部203Bで用いた拡散符号と同じ拡散符号を用いた逆拡散処理を施すことにより逆拡散後のベースバンド信号R1-2を得、これを変調信号Aのチャンネル変動推定部403-1A、変調信号Bのチャンネル変動推定部403-1B及び信号処理部404に送出する。

【0057】

同様に、逆拡散部402-2は、ベースバンド信号R2-1に対して図2の拡散部203A及び拡散部203Bで用いた拡散符号と同じ拡散符号を用いた逆拡散処理を施すことにより逆拡散後のベースバンド信号R2-2を得、これを変調信号Aのチャンネル変動推定部403-2A、変調信号Bのチャンネル変動推定部403-2B及び信号処理部404に送出する。

【0058】

変調信号Aのチャンネル変動推定部403-1Aは、チャンネル推定シンボルに基づき変調信号A（アンテナAN1から送信された変調信号Ta）のチャンネル変動を推定することによりチャンネル変動推定値h11を得る。これにより、アンテナAN1とアンテナAN3間のチャンネル変動が推定される。変調信号Bのチャンネル変動推定部403-1Bはチャンネル推定シンボルに基づき変調信号B（アンテナAN2から送信された変調信号Tb）のチャンネル変動を推定することによりチャンネル変動推定値h21を得る。これによりアンテナAN2とアンテナAN3間のチャンネル変動が推定される。

【0059】

同様に、変調信号Aのチャンネル変動推定部403-2Aは、チャンネル推定シンボルに基づき変調信号A（アンテナAN1から送信された変調信号Ta）のチャンネル変動を推定することによりチャンネル変動推定値h12を得る。これにより、アンテナAN1とアンテナAN4間のチャンネル変動が推定される。変調信号Bのチャンネル変動推定部403-2Bはチャンネル推定シンボルに基づき変調信号B（アンテナAN2から送信された変調信号Tb）のチャンネル変動を推定することによりチャンネル変動推定値h22を得る。これによりアンテナAN2とアンテナAN4間のチャンネル変動が推定される。

【0060】

信号処理部404は、逆拡散後のベースバンド信号R1-2、R2-2に加えて、チャンネル変動推定値h11、h21、h12、h22を入力し、チャンネル変動推定値h11、h21、h12、h22を用いてベースバンド信号R1-2、R2-2の復号や検波等を行うことにより、送信デジタル信号TA、TBに対応する受信データRA、RBを得るようになっている。

【0061】

図5に、本実施の形態の信号処理部404の構成を示す。信号処理部404は分離部501にベースバンド信号R1-2、R2-2、チャネル変動推定値h11、h21、h12、h22を入力する。

【0062】

分離部501は、ベースバンド信号R1-2、R2-2と、チャネル変動推定値h11、h21、h12、h22とを、(1)式に当てはめて(1)式の逆行列演算を行うことにより、送信デジタル信号TAの推定ベースバンド信号502と送信デジタル信号TBの推定ベースバンド信号505を得る。このように分離部501は、最尤判定(MLD)を行うのではなく、逆行列演算によって信号分離を行うため、最尤判定を行う場合に比して小さな回路規模で信号分離を行うことができる。分離部501は、送信デジタル信号TAの推定ベースバンド信号502を軟判定部503に送出すると共に、送信デジタル信号TBの推定ベースバンド信号505を軟判定部506に送出する。

【0063】

軟判定部503、506は、それぞれ、推定ベースバンド信号502、505の軟判定値を求めた後、軟判定値に対して誤り訂正処理を施すことにより、デジタルデータでなる判定値504、507を得る。軟判定部503により得られた判定値504は、信号点削減部514、516に送出される。また軟判定部506により得られた判定値507は、信号点削減部508、510に送出される。

【0064】

図6に、軟判定部503、506の構成を示す。軟判定部503と軟判定部506の構成は同様なので、ここでは軟判定部503の構成のみ説明する。軟判定部503は推定ベースバンド信号502を軟判定値計算部601に入力する。軟判定値計算部601は、推定ベースバンド信号502のプランチメトリック及びパスメトリックを求めることにより、推定ベースバンド信号502のデータ系列602を計算し、このデータ系列602を判定部603に送出する。判定部603はデータ系列602に対して誤り訂正処理を施し、誤り訂正後のデータを判定値504として出力する。

【0065】

図7を用いて軟判定部503、506での処理を具体的に説明する。図7は、送信デジタル信号TA、TBがQPSK変調されたときの信号点配置例を示す。図中、701は受信信号点であり、推定ベースバンド信号502、505に相当する。軟判定部503、506は、図7における受信信号点701とQPSKの信号点との、例えばユークリッド距離の2乗を求め、この値をプランチメトリックとし、このプランチメトリックを利用しパスメトリックを求める。そして畳み込み符号を用いている場合は、例えばビタビアルゴリズムに従って復号し、送信デジタル信号TAについての判定値504及び送信デジタル信号TBについての判定値507を得る。

【0066】

かかる構成に加えて、信号処理部404は、変調信号Aについての信号点削減部508、510と、変調信号Bについての信号点削減部514、516を有する。

【0067】

変調信号Aについての信号点削減部508、510は、軟判定部506により得られた変調信号Bについての判定値を入力する。また信号点削減部508には一方の受信アンテナAN4の受信信号に基づいて得られた変調信号Aのチャネル変動値h12及び変調信号Bのチャネル変動値h22が入力されると共に、信号点削減部510には他方の受信アンテナAN3の受信信号に基づいて得られた変調信号Aのチャネル変動値h11及び変調信号Bのチャネル変動値h21が入力される。

【0068】

信号点削減部508は、まず変調信号Aのチャネル変動値h12及び変調信号Bのチャネル変動値h22に基づき、図8に示すように、16点の候補信号点801~816を推定する。次に信号点削減部508は、軟判定部506により得られた変調信号Bの判定値507を使って、図9に示すように、候補信号点の数を4点に絞り込む。なお図9は、変

調信号Bの判定値507が(0, 0)、つまり変調信号Bで送信された2ビットが(0, 0)と判定された場合の候補信号点削減の例を示すものである。そして信号点削減部508は、信号点801、806、811、816の情報を信号点情報509として軟判定部512に送出する。

【0069】

同様に、信号点削減部510は、変調信号Aのチャンネル変動値h11及び変調信号Bのチャンネル変動値h21に基づき16点の候補信号点801～816を推定し、次に軟判定部506により得られた変調信号Bの判定値507を使って候補信号点の数を4点に削減し、その4点の信号点の情報を信号点情報511として軟判定部512に送出する。

【0070】

変調信号Bについての信号点削減部514、516は、軟判定部503により得られた変調信号Aについての判定値504を入力する。また信号点削減部514には一方の受信アンテナAN4の受信信号に基づいて得られた変調信号Aのチャンネル変動値h12及び変調信号Bのチャンネル変動値h22が入力されると共に、信号点削減部516には他方の受信アンテナAN3の受信信号に基づいて得られた変調信号Aのチャンネル変動値h11及び変調信号Bのチャンネル変動値h21が入力される。

【0071】

信号点削減部514は、先ず変調信号Aのチャンネル変動値h12及び変調信号Bのチャンネル変動値h22に基づき、図8に示すように、16点の候補信号点801～816を推定する。次に信号点削減部514は、軟判定部503により得られた変調信号Aの判定値504を使って、図10に示すように、候補信号点の数を4点に絞り込む。なお図10は、変調信号Aの判定値504が(1, 0)、つまり変調信号Aで送信された2ビットが(1, 0)と判定された場合の候補信号点削減の例を示すものである。そして信号点削減部514は、信号点805、806、807、808の情報を信号点情報515として軟判定部518に送出する。

【0072】

同様に、信号点削減部516は、変調信号Aのチャンネル変動値h11及び変調信号Bのチャンネル変動値h21に基づき16点の候補信号点801～816を推定し、次に軟判定部503により得られた変調信号Aの判定値504を使って候補信号点の数を4点に削減し、その4点の信号点の情報を信号点情報517として軟判定部518に送出する。

【0073】

このように本実施の形態のマルチアンテナ受信装置120においては、チャンネル変動行列の逆行列演算により各変調信号A、Bを分離する分離部501と、分離された変調信号502、505を軟判定する軟判定部503、506とに加えて、各変調信号A、Bに対応した信号点削減部508、510、514、516を設け、信号点削減部508、510、514、516において自変調信号を除く他の変調信号の軟判定値507、504を使って自変調信号についての候補信号点数を削減するようになっている。

【0074】

すなわち分離部501、軟判定部503、506において各変調信号A、Bを仮判定し、信号点削減部508、510、514、516においてその仮判定結果507、504に基づいて候補信号点を削減する。

【0075】

各軟判定部512、518は、ベースバンド信号R1-2、R2-2を、削減された自変調信号についての候補信号点を用いて軟判定することにより、送信デジタル信号TA、TBに対応する受信データRA、RBを得るようになっている。

【0076】

これを具体的に説明する。軟判定部512は、信号点情報509、511として図9の候補信号点801、806、811、816の情報を入力すると共に、受信ベースバンド信号R1-2、R2-2を入力する。軟判定部512は、受信ベースバンド信号R1-2、R2-2の両方について候補信号点801、806、811、816を用いて軟判定を

行う。例えば、受信ベースバンド信号 R1-2 で示される受信点が、図 9 の信号点 800 とすると、受信信号点 800 と候補信号点 801、806、811、816 とのユークリッド距離の 2 乗を計算することで、ブランチメトリック（これを B_x と呼ぶ）を求める。同様に、受信ベースバンド信号 R2-2 で示される受信点が、図 9 の信号点 800（但し、実際には受信ベースバンド信号 R2-1 の受信点と受信ベースバンド信号 R2-2 の受信点は異なるものとなる）とすると、受信信号点 800 と候補信号点 801、806、811、816 とのユークリッド距離の 2 乗を計算することで、ブランチメトリック（これを B_y と呼ぶ）を求める。

【0077】

そして軟判定部 512 は、ブランチメトリック B_x 及びブランチメトリック B_y を加算したブランチメトリックからパスメトリックを求め、例えば畳み込み符号を用いている場合は、ビタビアルゴリズムに従って復号を行うことで、変調信号 A の受信データ RA を得る。

【0078】

同様に、軟判定部 518 は、信号点情報 515、517 として図 10 の候補信号点 805、806、807、808 の情報を入力すると共に、受信ベースバンド信号 R1-2、R2-2 を入力する。軟判定部 518 は、受信ベースバンド信号 R1-2、R2-2 の両方について候補信号点 805、806、807、808 を用いて軟判定を行う。例えば、受信ベースバンド信号 R1-2 で示される受信点が、図 10 の信号点 800 とすると、受信信号点 800 と候補信号点 805、806、807、808 とのユークリッド距離の 2 乗を計算することで、ブランチメトリック（これを B_v と呼ぶ）を求める。同様に、受信ベースバンド信号 R2-2 で示される受信点が、図 10 の信号点 800（但し、実際には受信ベースバンド信号 R2-1 の受信点と受信ベースバンド信号 R2-2 の受信点は異なるものとなる）とすると、受信信号点 800 と候補信号点 805、806、807、808 とのユークリッド距離の 2 乗を計算することで、ブランチメトリック（これを B_w と呼ぶ）を求める。

【0079】

そして軟判定部 518 は、ブランチメトリック B_v 及びブランチメトリック B_w を加算したブランチメトリックからパスメトリックを求め、例えば畳み込み符号を用いている場合は、ビタビアルゴリズムに従って復号を行うことで、変調信号 B の受信データ RB を得る。

【0080】

次に本実施の形態のマルチアンテナ受信装置 120 の動作について説明する。マルチアンテナ受信装置 120 は、2 つのアンテナ AN1、AN2 から同時に送信された 2 つの変調信号 A、B を 2 つのアンテナ AN3、AN4 で受信する。マルチアンテナ受信装置 120 は、チャンネル変動推定部 403-1A、403-1B、403-2A、403-2B によって、各変調信号 A、B に挿入された既知信号に基づいて、各送信アンテナ AN1、AN2 と受信アンテナ AN3、AN4 間でのチャンネル変動を推定する。

【0081】

ここで変調信号 A、変調信号 B が QPSK 変調されているとき、多重されて受信された受信信号には、 $4 \times 4 = 16$ 点の信号点が存在する。つまり、チャンネル変動推定値に基づいて形成される候補信号点の数も 16 個となる。

【0082】

ここで従来のマルチアンテナ受信装置では、16 個の候補信号点と受信点との信号点距離を求め、最も距離の小さい値をとる候補信号点を検出し、この候補信号点で示されるデータを受信データとするようになっている。

【0083】

これに対して本実施の形態のマルチアンテナ受信装置 120 においては、チャンネル変動行列の逆行列演算により各変調信号 A、B を分離する分離部 501 と、分離された変調信号を軟判定する軟判定部 503、506 とを設けて、一旦、各変調信号 A、B のディジタ

ル信号(判定値)を得、このデジタル信号を用いて各変調信号A、Bの候補信号点を絞り込む。そして絞り込んだ候補信号点のみを用いて軟判定部により正確な判定を行う。これは、換言すれば、分離部501、軟判定部503、504により変調信号A、Bの仮判定を行い、その仮判定値を用いて候補信号点を絞り込み、絞り込んだ候補信号点のみについて正確なデジタル判定(主判定)を行っていると言うことができる。

【0084】

これにより、軟判定部512、518により全ての候補信号点を用いて受信点を判定する場合と比較して、格段に演算量を削減することができる。例えばこの実施の形態では、変調方式としてQPSKを用いているが、多値数が増加するにつれその効果はさらに大きくなる。例えば、変調信号A、Bともに64QAMで変調されているとすると、信号点数を削減しない場合、 $64 \times 64 = 4096$ の候補信号点が存在し、4096個の候補信号点に対しブランチメトリックを求めようとすると非常に大規模な回路が必要となる。

【0085】

また逆行列演算のみを用いて受信データを得る場合と比較して、つまり軟判定部503、506の判定結果をそのまま受信データとする場合と比較して、誤り率特性を向上させることができる。特に信号点数削減を行う際、正しい削減を行うと、フルダイバーシチゲインを得ることができ、一段と誤り率特性を向上させることができるようになる。信号点削減のより好適な構成は、以下の実施の形態で説明する。

【0086】

かくして本実施の形態によれば、チャネル変動行列の逆行列演算を用いて分離した各変調信号502、505に基づいて各変調信号502、505を仮判定し、多重化された変調信号の候補信号点数を仮判定結果504、507を用いて削減した後に、削減した候補信号点を用いて正確な判定を行って各変調信号の受信データRA、RBを得るようにしたことにより、少ない演算量で誤り率特性の良い受信データRA、RBを得ることができる。この結果、誤り率特性を維持しつつ、装置構成を簡単化できるマルチアンテナ受信装置及びマルチアンテナ受信方法を実現することができる。

【0087】

なお上述した実施の形態では、候補信号点を削減するための各変調信号を分離するにあたって、分離部501によってチャネル変動行列の逆行列演算を行うようにした場合について述べたが、分離方法は逆行列演算に限らず、例えばMMS E (Minimum Mean Square Error) アルゴリズムを用いて各変調信号を推定して分離してもよい。

【0088】

また上述した実施の形態では、候補信号点を削減するための各変調信号の仮判定を分離部501及び軟判定部503、506により行うようにした場合について述べたが、仮判定の仕方はこれに限らない。回路規模を問題にしない場合には、例えば図11に示すように、変調信号の分離のための逆行列演算を行わずに、仮判定を軟判定部1101により行うようにしてもよい。

【0089】

図5との対応部分に同一符号を付して示す図11において、信号処理部1100の軟判定部1101には、ベースバンド信号R1-2、R2-2と、チャネル変動推定値h11、h21、h12、h22とが入力される。軟判定部1101は、変調信号Aのチャネル変動値h11及び変調信号Bのチャネル変動値h21に基づき、図8に示すように、16点の候補信号点801~816を推定する。そして逆拡散後のベースバンド信号R1-2から、図8の受信信号点800を推定し、例えば受信信号点800と16個の候補信号点801~816との各ユークリッド距離の2乗を求め、ブランチメトリックを求める。同様に、軟判定部1101は、変調信号Aのチャネル変動信号h12、h22、逆拡散後のベースバンド信号R2-2からブランチメトリックを求める。そして軟判定部1100は、畳み込み符号を用いている場合、2つのブランチメトリックからパスメトリックを求め、変調信号Aの判定値1102、変調信号Bの判定値1103を出力する。

【0090】

(実施の形態 2)

この実施の形態では、実施の形態 1 と比較して、候補信号点を削減するための仮判定を行う部分の構成をより簡易なものとするにより、一段と簡易な構成で誤り率特性の良い受信データを得ることができるマルチアンテナ受信装置を提案する。

【0091】

図 5 との対応部分に同一符号を付して示す図 12 に、本実施の形態のマルチアンテナ受信装置の信号処理部 1200 の構成を示す。図 12 の信号処理部 1200 は、図 5 の信号処理部 404 と比較して、分離部 501 により分離された変調信号 B の推定ベースバンド信号 505 を判定するための軟判定部 506 (図 5) を省略した構成となっている。そして信号点削減部 1201、1202 には、軟判定部 518 により得られた変調信号 B の受信データ RB を入力させるようになっている。信号点削減部 1201、1202 は、軟判定部 506 (図 5) からの判定値 507 の代わりに、軟判定部 518 により得られた受信データ RB を用いて、実施の形態 1 で説明したのと同様の方法で候補信号点数を削減する。これにより、軟判定部 506 を省略した分だけ、全体的な回路構成を簡単化できる。

【0092】

次に本実施の形態の信号処理部 1200 の動作について説明する。信号処理部 1200 は、先ず軟判定部 503 によって変調信号 A のみ復号し、その結果を用いて、信号点削減部 514、517 によって候補信号点を削減し、軟判定部 518 によって変調信号 B を復号することで、変調信号 B の受信データ RB を得る。

【0093】

信号処理部 1200 は、続いて、信号点削減部 1201、1202 によって変調信号 B のデータ RB を用いて変調信号 A についての候補信号点を削減し、軟判定部 512 によって変調信号 A を復号することで、変調信号 A の受信データ RA を得る。このように、本実施の形態の信号処理部 1200 は、変調信号 A と変調信号 B を同時に復号するのではなく、変調信号 A の復号、変調信号 B の復号、変調信号 A の復号のように、交互に復号する。

【0094】

かくして本実施の形態によれば、全ての変調信号について仮判定を行い、全ての信号点削減部で仮判定結果を用いて候補信号点を削減するのではなく、ある変調信号についてのみ仮判定を行い、他の変調信号については最終的な判定結果 (主判定結果) を用いて候補信号点を削減するようにしたことにより、実施の形態 1 での効果に加えて、一段と簡易な構成のマルチアンテナ受信装置を実現できるようになる。

【0095】**(実施の形態 3)**

この実施の形態では、候補信号点を削減した後に主判定を行うことにより少ない演算回数で誤り率特性の良い受信データを得ることに加えて、イタレーション (反復) 技術を適用することにより、一段と誤り率特性を向上させることができるマルチアンテナ受信装置を提案する。

【0096】

図 5 との対応部分に同一符号を付して示す図 13 に、本実施の形態のマルチアンテナ受信装置の信号処理部 1300 の構成を示す。すなわち、信号処理部 1300 は、図 4 の信号処理部 404 に置き換えられてマルチアンテナ受信装置 120 に用いられる。

【0097】

実施の形態 1 で説明した図 5 の信号処理部 404 と、本実施の形態の信号処理部 1300 の異なる点は、信号点削減部 1301、1302 が軟判定部 506 からの判定値 507 に加えて軟判定部 518 からの受信データ RB を入力している点、および、信号点削減部 1303、1304 が軟判定部 503 からの判定値 504 に加えて軟判定部 512 からの受信データ RA を入力している点である。

【0098】

これにより、信号点削減部 1301 ~ 1304 では、実施の形態 1 の信号点削減部 508、510、514、516 と比較して、正しい信号点削減を行う確率を高めることがで

きるようになる。この結果、最終的に得られる受信データ R A、R B の誤り率特性を一段と向上させることができる。

【0099】

次に図 14 を用いて本実施の形態の信号処理部 1300 の動作について説明する。図 14 に示すように、信号処理部 1300 では、変調信号 A、B の軟判定及び復号を並列に行う。そして変調信号 A の信号点削減は、変調信号 B の軟判定により得られる変調信号 B の受信データ R B を用いて行う。逆に、変調信号 B の信号点削減は、変調信号 A の軟判定により得られる変調信号 A の受信データ R A を用いて行う。そして変調信号 A、B それぞれの軟判定（主判定）を行うことで変調信号 A、B の受信データ R A、R B を得るようになっている。さらに、得られた変調信号 A、B の受信データ R A、R B を用いて反復して信号点削減、軟判定（主判定）を行っていく。

【0100】

具体的に説明する。一度目の軟判定及び復号の動作については、実施の形態 1 で説明した図 5 の信号処理部 404 の動作と同様である。すなわち軟判定部 503、504 により得た仮判定値（判定値 504、507）に基づいて信号点削減を行う。これに対して、二度目以降の軟判定及び復号は、軟判定部 512、518 により得られた受信データ R A、R B を用いて行う。

【0101】

信号処理部 1300 は、変調信号 A に関して、ステップ S T 1 A で示す一度目の軟判定処理において、信号点削減部 1301、1302 が、それぞれ、変調信号 B の軟判定値 507 を用いて変調信号 B で送信された 2 ビットを推定し、図 8 の 16 個の候補信号点を図 9 の 4 個の信号点に削減し、その信号点情報（4 個の信号点）509、511 を軟判定部 512 に送出し、軟判定部 512 が信号点情報 509、511 を使って受信データ R A を得る。

【0102】

同様に、信号処理部 1300 は、変調信号 B に関して、ステップ S T 1 B で示す一度目の軟判定処理において、信号点削減部 1303、1304 が、それぞれ、変調信号 A の軟判定値 504 を用いて変調信号 A で送信された 2 ビットを推定し、図 8 の 16 個の候補信号点を図 10 の 4 個の信号点に削減し、その信号点情報（4 個の信号点）515、517 を軟判定部 518 に送出し、軟判定部 518 が信号点情報 515、517 を使って受信データ R B を得る。

【0103】

信号処理部 1300 は、変調信号 A に関して、ステップ S T 2 A、S T 3 A で示す二度目の軟判定処理において、信号点削減部 1301、1302 が、それぞれ、ステップ S T 1 B で得られた受信データ R B を用いて変調信号 B で送信された 2 ビットを推定し、図 8 の 16 個の候補信号点を図 9 の 4 個の信号点に削減し（ステップ S T 2 A）、その信号点情報（4 個の信号点）509、511 を軟判定部 512 に送出し、軟判定部 512 が信号点情報 509、511 を使って受信データ R A を得る（ステップ S T 3 A）。

【0104】

同様に、信号処理部 1300 は、変調信号 B に関して、ステップ S T 2 B、S T 3 B で示す二度目の軟判定処理において、信号点削減部 1303、1304 が、それぞれ、ステップ S T 1 A で得られた受信データ R A を用いて変調信号 A で送信された 2 ビットを推定し、図 8 の 16 個の候補信号点を図 10 の 4 個の信号点に削減し（ステップ S T 2 B）、その信号点情報（4 個の信号点）515、517 を軟判定部 518 に送出し、軟判定部 518 が信号点情報 515、517 を使って受信データ R B を得る（ステップ S T 3 B）。

【0105】

信号処理部 1300 は、変調信号 A に関して、ステップ S T 4 A、S T 5 A で示す三度目の軟判定処理において、信号点削減部 1301、1302 が、それぞれ、ステップ S T 3 B で得られた受信データ R B を用いて変調信号 B で送信された 2 ビットを推定し、図 8 の 16 個の候補信号点を図 9 の 4 個の信号点に削減し（ステップ S T 4 A）、その信号点

情報(4個の信号点)509、511を軟判定部512に送出し、軟判定部512が信号点情報509、511を使って受信データRAを得る(ステップST5A)。

【0106】

同様に、信号処理部1300は、変調信号Bに関して、ステップST4B、ST5Bで示す三度目の軟判定処理において、信号点削減部1303、1304が、それぞれ、ステップST3Aで得られた受信データRAを用いて変調信号Aで送信された2ビットを推定し、図8の16個の候補信号点を図10の4個の信号点に削減し(ステップST4B)、その信号点情報(4個の信号点)515、517を軟判定部518に送出し、軟判定部518が信号点情報515、517を使って受信データRBを得る(ステップST5B)。

【0107】

このように信号処理部1300においては、二度以降の信号点削減を、前回の動作が完了した後の他方の変調信号の受信データRA、RBを使って行うようになっている。

【0108】

そして軟判定部512、518は、それぞれ、一度目の軟判定、復号を行ったら、一度目の受信データRA、RBを出力する。次に、二度目の軟判定、復号を行ったら、一度目の受信データRA、RBに代えて、二度目の受信データRA、RBを出力する。すなわちn度目の軟判定、復号を行ったら、n-1度目の受信データRA、RBに代えて、n度目の軟判定復号結果である受信データRA、RBを出力する。

【0109】

このように、候補信号点を削減するにあたって、他の変調信号の誤り訂正復号後のデータ(軟判定部512、518で誤り訂正復号処理を行っているものとする)を用いてイタレーション(反復)処理を行うようにしたので、正しい候補信号点を残すことができる確率を高めることができるようになり、受信データRA、RBの誤り率特性を一段と向上させることができる。

【0110】

図15に、本実施の形態での復号の処理手順のイメージを示す。変調信号A、変調信号Bの1フレームは複数のシンボルで構成されている。はじめに1フレーム分の一度目の誤り訂正を行う。そして、一度目の誤り訂正結果を反映して状態数削減を行い、二度目の1フレーム分の誤り訂正を行う。このように、(n-1)度の誤り訂正結果を反映して状態数削減を行った後、n度目の1フレーム分の誤り訂正を行う。

【0111】

図16に、本実施の形態の信号処理部1300を用いた場合の受信特性(キャリアパワー対雑音電力比(C/N)とビットエラーレートの関係)のシミュレーション結果を示す。この図からも明らかなように、変調信号A、Bともに、反復復号の回数が増えるにつれ、受信品質が向上する。但し、回数を多くすればよいというわけではなく、ある程度の回数で受信品質の改善効果は飽和する。また変調信号A、Bの受信品質は、変調方式が同じ場合、同じである。

【0112】

かくして本実施の形態によれば、候補信号点を削減するにあたって、誤り訂正復号後(主判定後の)の他の変調信号のデータRA、RBを用い、かつイタレーション処理を行って最終的な受信データRA、RBを得るようにしたことにより、実施の形態1と比較して、一段と誤り率特性の向上した受信データRA、RBを得ることができるようになる。

【0113】

なおこの実施の形態では、候補信号点を削減するための各変調信号の仮判定を分離部501及び軟判定部503、506により行うようにした場合について述べたが、仮判定の仕方はこれに限らず、回路規模を問題にしない場合には、例えば図17に示すように、変調信号の分離のための逆行列演算を行わずに、仮判定を軟判定部1705により行うようにしてもよい。

【0114】

図13との対応部分に同一符号を付して示す図17において、信号処理部1700の軟

判定部1705には、ベースバンド信号R1-2、R2-2と、チャネル変動推定値h11、h21、h12、h22とが入力される。軟判定部1705は、変調信号Aのチャネル変動値h11及び変調信号Bのチャネル変動値h21に基づき、図8に示すように、16点の候補信号点801~816を推定する。そして逆拡散後のベースバンド信号R1-2から、図8の受信信号点800を推定し、例えば受信信号点800と16個の候補信号点801~816との各ユークリッド距離の2乗を求め、ブランチメトリックを求める。同様に、軟判定部1705は、変調信号Aのチャネル変動信号h12、h22、逆拡散後のベースバンド信号R2-2からブランチメトリックを求める。そして軟判定部1100は、畳み込み符号を用いている場合、2つのブランチメトリックからパスメトリックを求め、変調信号Aの判定値1706を信号点削減部1701、1702に送出すると共に、変調信号Bの判定値1707を信号点削減部1703、1704に送出する。

【0115】

ここで図13の信号処理部1300と図17の信号処理部1700とを比較した場合、信号処理部1700は、軟判定部1705で16個の候補信号点について判定を行うことになるため、ブランチメトリック、パスメトリックの回路規模が増大し、信号処理部1300よりも全体的な回路規模が大きくなる欠点がある。特に、QPSKの場合、16点であるが、64QAMとなると4096個の信号点が存在するので、変調多値数が増大するにしがって現実性がなくなる。

【0116】

しかし、軟判定部1705では、分離部501と軟判定部503、506を用いた場合よりも精度の良い判定値を得ることができるので、イタレーションを行う場合の反復回数が少なくても、誤り率特性の良い受信データRA、RBを得ることができるという利点がある。

【0117】

(実施の形態4)

この実施の形態の特徴は、実施の形態3では各変調信号を並行して軟判定復号し、他の変調信号の軟判定復号結果を用いて自変調信号の候補信号点を削減したのに対して、各変調信号を交互に軟判定復号し、他の変調信号の軟判定復号結果を用いて自変調信号の候補信号点を削減する点である。これにより、信号点削除にイタレーション技術を採用するにあたっての演算回数を低減できるので、回路構成を一段と簡単化できるようになる。

【0118】

図13との対応部分に同一符号を付して示す図18に、本実施の形態のマルチアンテナ受信装置の信号処理部の構成を示す。信号処理部1800は、実施の形態3で説明した図13の信号処理部1300と比較して、軟判定部506を省略した構成となっている。

【0119】

また実施の形態2で説明した図12の信号処理部1200と比較すると、信号処理部1200にイタレーション処理を追加した構成となっている。

【0120】

信号処理部1800において、変調信号Bについての信号点削減部1803、1804は、実施の形態3と同様に軟判定部503により得られた判定値504と軟判定部512により得られた誤り訂正復号後の受信データRAの両方を用いて候補信号点を削減するが、変調信号Aについての信号点削減部1801、1802は、軟判定部518により得られた誤り訂正復号後の受信データRBのみを用いて候補信号点を削減するようになっている。このように本実施の形態の信号処理部1800は、軟判定部506を省略した分だけ、実施の形態3の信号処理部1300よりも全体的な回路構成を簡単化できるようになっている。

【0121】

次に図19を用いながら本実施の形態の信号処理部1800の動作について説明する。信号処理部1800は、実施の形態3の信号処理部1300が変調信号A、Bの軟判定及び復号を並列に行ったのに対して、一度目の軟判定復号は変調信号Aのみ行い、二度目の

軟判定復号は変調信号Bのみ行い、三度目の軟判定復号は変調信号Aのみ行うといったように、変調信号Aと変調信号Bの軟判定復号を交互に行う。

【0122】

具体的に説明する。信号処理部1800は、最初に、軟判定部503によって変調信号Aのみ軟判定復号し（ステップST10A）、その結果を用いて信号点削減部1803、1804によって候補信号点を削減し（ステップST10B）、軟判定部518によって変調信号Bを軟判定復号する（ステップST11B）ことにより、変調信号Bの受信データRBを得る。次に信号処理部1800は、信号点削減部1801、1802によって変調信号Bの受信データRBを用いて候補信号点を削減し（ステップST11A）、軟判定部512によって変調信号Aの軟判定復号を再度行う（ステップST12A）ことにより、変調信号Aの受信データRAを得る。以下同様に、他方の軟判定復号結果を用いて候補信号点を削減しながら、変調信号Aの軟判定復号と変調信号Bの軟判定復号を交互に繰り返す。

【0123】

図20に、本実施の形態の信号処理部1800を用いた場合の受信特性（キャリアパワー対雑音電力比（C/N）とビットエラーレート）のシミュレーション結果を示す。この図からも分かるように、軟判定復号を各変調信号で交互に行った場合でも、軟判定復号を各変調信号で並行に行った場合（図16）と同様の誤り率特性の良い受信データを得ることができる。また変調信号A、Bともに、反復復号の回数が増えるにつれ、受信品質が向上するが、単純に回数を多くすればよいというわけではなく、ある程度の回数で受信品質の改善効果は飽和する。

【0124】

かくして本実施の形態によれば、他の変調信号の軟判定復号結果を用いて自変調信号の候補信号点を削減といった処理を、各変調信号について交互に行うようにしたことにより、実施の形態3の効果に加えて、復号の回数が半分となるため、一段と回路規模を削減することができるようになる。

【0125】

（実施の形態5）

この実施の形態では、上述した実施の形態1～4に加えて、さらに各アンテナから受信品質の異なる変調信号を送信することを提案する。

【0126】

図21にその一例を示す。図21は、図12及び図18の構成を考慮し、変調信号Aの変調方式をQPSK、変調信号Bの変調方式を16QAMとしたときのI-Q平面における信号点配置の一例を示している。図22に、QPSK、16QAMのそれぞれのキャリアパワー対雑音電力比とビットエラーレートの関係を示す。

【0127】

ここで、図12や図18の構成を採ったとき、変調信号Aの変調方式をQPSK、変調信号Bの変調方式を16QAMとした場合、図22に示すように、一度目の軟判定において、変調信号Aの変調方式がQPSKであるため良好な受信品質となり（16QAMと比較し）、軟判定部503によって良好な受信品質の変調信号Aの判定値504（デジタル信号）が得られる。

【0128】

そして、得られた変調信号Aのデジタル信号の判定値が正確であるため、信号点削減時に間違った信号点削減を行う可能性が低くなり、軟判定部518によって変調信号Bの軟判定復号を行った際に得られる変調信号Bの受信データRBの誤り率特性が向上する。ここで、伝送速度のことを考慮すると、変調信号Bの変調方式はQPSKより変調多値数の多い、例えば16QAM（64QAMでもよい）とするとよい。これにより、受信品質と伝送速度の向上の両立を図ることができる。

【0129】

このように、変調信号Aの変調多値数を変調信号Bの変調多値数よりも少なくし、変調

信号Aの受信品質を確保することで、良好な信号点削減を行うことができるようになり、この結果、変調信号Bの受信品質も確保することができるようになる。これにより、受信品質の向上と伝送速度の向上の両立を図ることができる。

【0130】

つまり、最初の仮判定に用いられる変調信号の受信品質を良くすれば、信号点削減の引き込みが的確なものとなるので、その後の主判定で良い判定結果をもたらすことができる。

【0131】

また反復復号（イタレーション）を行う場合には、イタレーションの回数を減らすことにもつながり、回路規模を削減することができる。

【0132】

さらに変調信号Aと変調信号Bの符号化率を異なるように設定することでも同様の効果を得ることができる。例えば、変調信号Aの符号化率を $1/4$ 、変調信号Bの符号化率を $3/4$ とする。すると、変調信号Aの受信品質が良いため、信号点削減が正しく行われる可能性が高くなり、変調信号Bの受信品質も向上する。

【0133】

さらに変調信号Aと変調信号Bの拡散符号長を異なるようにすることでも同様の効果を得ることができる。例えば変調信号Aの拡散符号長を、変調信号Bの拡散符号長よりも長くすればよい。

【0134】

かくして本実施の形態によれば、実施の形態1～4の構成に加えて、各変調信号の受信品質が異なるように、変調方式、符号化率、拡散率等を各変調信号間で変えるようにしたことにより、実施の形態1～4の効果に加えて、誤り率特性の向上と伝送速度の向上を両立させることができるようになる。

【0135】**（実施の形態6）**

この実施の形態では、各アンテナから送信する変調信号のインターリーブパターンを各変調信号間で異なるようにするマルチアンテナ送信装置を提案する。

【0136】

図2との対応部分に同一符号を付して示す図23に、本実施の形態のマルチアンテナ送信装置の構成を示す。マルチアンテナ送信装置2300は、符号化部201Aと変調部202Aとの間にインターリーバ2301Aを設けたことと、符号化部201Bと変調部202Bとの間にインターリーバ2301Bを設けたことを除いて、実施の形態1で説明した図2のマルチアンテナ送信装置110と同様の構成でなる。

【0137】

インターリーバ2301Aは、符号化されたデジタル信号S1Aを入力とし、順番の入れ替えを行い、インターリーブ後のデジタル信号S10Aを変調部202Aに送出する。同様に、インターリーバ2301Bは、符号化されたデジタル信号S1Bを入力とし、順番の入れ替えを行い、インターリーブ後のデジタル信号S10Bを変調部202Bに送出する。

【0138】

なおこのように送信装置側でインターリーブ処理を行うと、受信側でデインターリーブ処理を行う必要がある。この場合の受信装置の構成例を、図24に示す。図24の構成例は、実施の形態3で説明した信号処理部1300に対応するものである。図13との対応部分に同一符号を付して示す図24において、信号処理部2400は、送信側のインターリーバ2301Aで並べ替えられた信号を元に戻すデインターリーバ2401A、2403A、2404Aを有すると共に、送信側のインターリーバ2301Bで並べ替えられた信号を元に戻すデインターリーバ2401B、2403B、2404Bを有する。また信号処理部2400は、インターリーバ2301Aと同様の並べ替えを行うインターリーバ2402A、2405Aを有すると共に、インターリーバ2301Bと同様の並べ替えを

行うインターリーブ2402B、2405Bを有する。

【0139】

この構成により、信号処理部2400は、分離部501によって分離された送信デジタル信号TAについての推定ベースバンド信号をデインターリーブ2401Aによって元の配列に戻した後に軟判定部503に送出すると共に、送信デジタル信号TBについての推定ベースバンド信号をデインターリーブ2401Bによって元の配列に戻した後に軟判定部506に送出する。また軟判定部503によって得られた判定値はインターリーブ2402Aによってインターリーブされた後に信号点削減部1303、1304に送出されると共に、軟判定部506によって得られた判定値はインターリーブ2402Bによってインターリーブされた後に信号点削減部1301、1302に送出される。さらに信号点削減部1301、1302には、軟判定部512によって得られた判定値がインターリーブ2405Aによってインターリーブされた後に入力されると共に、信号点削減部1303、1304には、軟判定部518によって得られた判定値がインターリーブ2405Bによってインターリーブされた後に入力される。

【0140】

これにより、信号点削減部1301、1302では、インターリーブされた受信信号からインターリーブされた変調信号Bの信号点を削減することで、変調信号Aについての削減された候補信号点を得ることができる。但し、この削減された候補信号点はインターリーブされた信号点なので、デインターリーブ2403A、2404Aによってデインターリーブした後に軟判定部512に入力させる。同様に、信号点削減部1303、1304では、インターリーブされた受信信号からインターリーブされた変調信号Aの信号点を削減することで、変調信号Bについての削減された候補信号点を得ることができる。但し、この削減された候補信号点はインターリーブされた信号点なので、デインターリーブ2403B、2404Bによってデインターリーブした後に軟判定部518に入力させる。

【0141】

なお、ここでは実施の形態3で説明した信号処理部1300を基本として、送信側でインターリーブされた信号を復号する構成例について説明したが、実施の形態1や実施の形態2、実施の形態4及び実施の形態5で説明した受信装置においても、適宜送信側のインターリーブに対応したデインターリーブ及びインターリーブを設けるようにすれば、上述したのと同様に、各アンテナから異なるインターリーブパターンの信号を送信した場合に、各変調信号を復号できるようになる。

【0142】

次に、インターリーブパターン（送信信号の入れ替えの順番）について詳しく説明する。本実施の形態で最も重要な点は、変調信号Aのためのインターリーブパターンと、変調信号Bのためのインターリーブパターンを異なるようにしたことである。これにより、受信側での誤り率特性を向上させることができる。特に、変調信号Aのインターリーブパターンと変調信号Bのためのインターリーブパターンが無相関に近くなるようにインターリーブパターンを選定することにより、受信品質を非常に良くすることができる。この点について詳しく説明する。

【0143】

図25は、変調信号Aと変調信号Bのインターリーブパターンが同一の場合のシンボルの状態の一例を示している。図5の軟判定部503において、変調信号Aの復号を行い、その結果、図25(A)のように誤った判定を行ったシンボルが5シンボル連続に発生したものとする。因みに、畳み込み符号などを用いたとき、連続して誤りが発生するのが一般的である。すると、信号点数削減部514、516において、信号点数の削減を行った際、図25(B)のように、5シンボル連続して、信号点削減による信号点選択に誤りが生じることになる。この結果、軟判定部518によって変調信号Bの復号を行うと効果的に受信品質が向上しない。これは、誤り訂正符号は、連続的な誤りを訂正する能力が低いためである。

【0144】

次に、本実施の形態のように、送信側で、変調信号Aのためのインターリーブパターンと、変調信号Bのためのインターリーブパターンを異なるようにした場合について説明する。この場合、信号点削減を行った際、図26のようなシンボルの状態となる。図24の軟判定部503において、変調信号Aの復号を行い、その結果、図26(A)のように誤った判定を行ったシンボルが5シンボル連続に発生したものとする。すると、信号点数削減部1303、1304において、信号点数の削減を行った際、図25(B)と異なり、変調信号Aのインターリーブパターンと変調信号Bのインターリーブパターンが異なるため、デインターリーブにより、図26(B)のように、信号点削減による信号点選択の誤りは、離散的に生じることになる。すなわち、図25(B)のように、連続して信号点削減による信号点選択の誤りが発生しない。これにより、軟判定部518によって変調信号Bの復号を行うと効果的に受信品質が向上する。これは、誤り訂正符号は、離散的な誤りを訂正する能力が高いためである。

【0145】

この作用及び効果は、イタレーション技術を用いた構成の場合も同様である。

【0146】

以上の動作を、変調信号Aを変調信号Bに、変調信号Bを変調信号Aに置き換えて、動作させても同様の作用効果が得られ、これにより、変調信号Aの復号の受信品質も効果的に向上する。

【0147】

かくして本実施の形態によれば、各アンテナから送信する変調信号のインターリーブパターンを変調信号間で異なるものとしたことにより、受信側での復号の際、バーストエラーの影響を軽減して、誤り率特性の良い受信データを得ることができるマルチアンテナ送信装置を実現できる。

【0148】

特に、実施の形態1～4のように信号点削減部を有するマルチアンテナ受信装置に変調信号を送信するマルチアンテナ送信装置に適用して好適である。

【0149】

図27に、本実施の形態のように変調信号間で異なるインターリーブパターンを用いた場合の受信特性と、変調信号間で同一のインターリーブパターンを用いた場合の受信特性のシミュレーション結果を示す。図27では、横軸を E_b/N_0 (energy per bit-to-noise spectral density ratio) とし、縦軸をBER (Bit Error Rate) としている。

【0150】

図中の丸印は、本実施の形態の構成を用いた場合、すなわち図23に示すような構成でなるマルチアンテナ送信装置2300から送信した信号を、図24に示すような構成でなる信号処理部2400を有するマルチアンテナ受信装置で受信復調した場合の特性を示す。これに対して、図中の三角印は、変調信号間で同一のインターリーブパターンを用いた場合の受信特性を示す。なお、シミュレーションでは、反復復号を行わない場合、反復を1回だけ行った場合、反復を2回行った場合の特性を調べた。またこのシミュレーションは、伝搬環境をライスファクタ10dBのライスフェージング環境とし、変調方式をQPSKとし、符号化率1/2の畳み込み符号を行った場合の結果である。

【0151】

このシミュレーション結果からも分かるように、変調信号間でインターリーブパターンが同一の場合には、図中丸印で示すように、反復復号の回数を増やしても、受信品質の改善は僅かである。一方、変調信号間で異なるインターリーブパターンを選定した場合には、図中三角印で示すように、反復回数を増やすことで受信品質を効果的に改善することができる。

【0152】

(実施の形態7)

この実施の形態では、上述した実施の形態の特徴をマルチキャリア通信に適用した場合について説明する。特に、OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)方式

を用いた場合について説明する。

【0153】

図2との対応部分に同一符号を付して示す図28に、本実施の形態のマルチアンテナ送信装置の構成を示す。マルチアンテナ送信装置2700は、図2のマルチアンテナ送信装置110と比較して、拡散部203A、203Bに換えて、変調部202A、202Bから出力されたベースバンド信号S2A、S2Bをシリアルパラレル変換するシリアルパラレル変換部(S/P)2701A、2701Bと、パラレル信号S20A、S20Bを逆フーリエ変換する逆フーリエ変換部(idft)2702A、2702Bとを有することを除いて図2のマルチアンテナ送信装置110と同様の構成でなる。

【0154】

図29に、マルチアンテナ送信装置2700から送信されるOFDM信号の時間一周波数軸におけるフレーム構成を示す。この図では、一例としてOFDM信号がキャリア1からキャリア5で構成され、同一時刻のシンボルを同時に送信する場合を示している。なお図中の斜線で示した部分はパイロットシンボル(既知信号)であり、受信装置で伝搬環境(チャネル変動)を推定するためのシンボルである。因みに、ここではパイロットシンボルとよんでいるが、プリアンブルなど異なる呼び方をしてもよい。また空白で示した部分はデータシンボルである。

【0155】

データシンボルの符号化の方法として、周波数軸方向に符号化する方法、時間軸方向に符号化する方法の2種類がある。時間軸方向に符号化した場合、図3のフレーム構成のキャリアが複数(図28では5キャリア)存在するのと同様である。OFDM方式を用いたときの一つの特徴は、周波数軸方向に符号化ができるということである。また周波数軸と時間軸の両方向に符号化することも可能である。

【0156】

図30に、本実施の形態のマルチアンテナ送信装置の別の構成を示す。この構成は、実施の形態6での異なるインターリーブパターンを用いたマルチアンテナ送信方法を、マルチキャリア送信に適用したものである。実施の形態6で説明した図23との対応部分に同一符号を付して示す図30において、マルチアンテナ送信装置2900は、拡散部203A、203Bに換えて、変調部202A、202Bから出力されたベースバンド信号S2A、S2Bをシリアルパラレル変換するシリアルパラレル変換部(S/P)2701A、2701Bと、パラレル信号S20A、S20Bを逆フーリエ変換する逆フーリエ変換部(idft)2702A、2702Bとを有することを除いて図23のマルチアンテナ送信装置2300と同様の構成でなる。

【0157】

なおこのように、実施の形態6の特徴をOFDM送信に適用した場合のインターリーブパターンの選定の仕方として、例えばインターリーブ2301Aのインターリーブパターンを、周波数の低いサブキャリアから周波数の高いサブキャリアへとデータを並べ替えて配置するものとし、インターリーブ2301Bのインターリーブパターンを、周波数の高いサブキャリアから周波数の低いサブキャリアへとデータを並べ替えて配置するものとすることを提案する。

【0158】

例えば1フレームが図29のように構成されていた場合、インターリーブ2301Aが変調信号Aについてのデータを、サブキャリア5、サブキャリア3、サブキャリア1、サブキャリア4、サブキャリア2の順序で配列し、インターリーブ2301Bが変調信号Bについてのデータをサブキャリア1、サブキャリア3、サブキャリア5、サブキャリア2、サブキャリア4の順序で配列する。このようにすれば、周波数方向でのインターリーブパターンを無相関に近づけることができるので、2つのOFDM変調信号の両方がバースト的に誤る確率を低くすることができる。

【0159】

同様に、実施の形態6の特徴をOFDM送信に適用した場合のインターリーブパターン

の選定の仕方として、例えばインターリーブ2301Aのインターリーブパターンを、時間の早い方から時間の遅い方へとデータを並べ替えて配置するものとし、インターリーブ2301Bのインターリーブパターンを、時間の遅い方から時間の早いほうへとデータを並べ替えて配置するものとするを提案する。

【0160】

例えば1フレームが図29のように構成されていた場合、例えばサブキャリア1において、インターリーブ2301Aが変調信号Aについてのデータを、時間2、時間4、時間6、時間8、時間3、時間5、時間7、時間9の順序で配列し、インターリーブ2301Bが変調信号Bについてのデータを、時間9、時間7、時間5、時間3、時間8、時間6、時間4、時間2の順序で配列する。このようにすれば、時間方向でのインターリーブパターンを無相関に近づけることができるので、2つのOFDM変調信号の両方がバースト的に誤る確率を低くすることができる。

【0161】

さらに各変調信号を、周波数方向と時間方向の両方向にランダムにインターリーブするようにしてもよい。このようにすれば、各変調信号をより無相関に近づけることができるので、2つのOFDM変調信号の両方がバースト的に誤る確率をより低くすることができる。

【0162】

図4との対応部分に同一符号を付して示す図31に、本実施の形態のマルチアンテナ受信装置の構成を示す。マルチアンテナ受信装置3000は、実施の形態1で説明した図4のマルチアンテナ受信装置120と比較して、逆拡散部402-1、402-2に換えて、フーリエ変換部(dft)3001-1、3001-2を有することを除いて図4と同様の構成でなる。また信号処理部3002は、実施の形態1から実施の形態6で提案したいずれの構成を適用してもよい。

【0163】

フーリエ変換部3001-1は、ベースバンド信号R1-1に対してフーリエ変換処理を施し、フーリエ変換後の信号R1-2を変調信号Aのチャンネル変動推定部403-1A、変調信号Bのチャンネル変動推定部403-1B及び信号処理部3002に送出する。

【0164】

同様に、フーリエ変換部3001-2は、ベースバンド信号R2-1に対してフーリエ変換処理を施し、フーリエ変換後の信号R2-2を変調信号Aのチャンネル変動推定部403-2A、変調信号Bのチャンネル変動推定部403-2B及び信号処理部3002に送出する。

【0165】

各チャンネル変動推定部403-1A、403-1B、403-2A、403-2Bでは、図29に示すように各サブキャリアに配置されたパイロットシンボルを用いて、各サブキャリアについてのチャンネル変動を推定する。このようにチャンネル変動推定部403-1A、403-1B、403-2A、403-2Bによって、チャンネル毎、サブキャリア毎のチャンネル変動推定値が得られる。すなわちチャンネル変動推定値h11、h21、h12、h22は、サブキャリア1～サブキャリア5それぞれのチャンネル変動推定値を含む。

【0166】

ここで信号処理部3002は、フーリエ変換後の信号R1-2、R2-2、変調信号Aのチャンネル変動信号群h11、h12、変調信号Bのチャンネル変動信号群h21、h22を入力とし、チャンネル変動信号群h11、h12、h21、h22を用いてフーリエ変換後の信号R1-2、R2-2を判定することにより、変調信号Aの受信データRA、変調信号Bの受信データRBを得る。

【0167】

信号処理部3002の信号処理の流れは、上述した実施の形態1～6と同様である。例えば、信号処理部3002として、実施の形態6で説明した信号処理部2400を適用した場合を例にとって説明する。分離部501は、変調信号Aのチャンネル変動推定群h11

、h 1 2、変調信号Bのチャネル変動推定群h 2 1、h 2 2、フーリエ変換後の信号R 1-2、R 2-2を入力とし、逆行列演算を施すことにより、変調信号Aと変調信号Bを分離する。そして各デインターリーブ2401A、2401B、2403A、2404A、2403B、2404Bによって、周波数-時間軸におけるインターリーブパターンに対応したデインターリーブ処理を施すと共に、各インターリーブ2402A、2402B、2405A、2405Bによって、周波数-時間軸におけるインターリーブパターンに対応したインターリーブ処理を施す。

【0168】

(実施の形態8)

この実施の形態では、信号点削減のために行った仮判定での信頼度を、信号点削減後の主判定処理に反映することを提案する。これにより、主判定処理により得られるデータの誤り率特性を一段と向上させることができるようになる。この実施の形態の場合には、好適な例として、仮判定として軟判定を行った場合の各シンボルのパスメトリックの値を使って、主判定処理での各シンボルのブランチメトリックを重み付ける方法を提案する。

【0169】

この実施の形態では、実施の形態6で説明した図24の構成の信号処理部2400を例にとって説明する。すなわち、異なるインターリーブパターンでインターリーブされた変調信号Aと変調信号Bを受信し、これらを分離して復号する場合を例に挙げる。

【0170】

ここで図26でも説明したように、軟判定部503から出力される各シンボルの判定値が図32(A)のような状態であったと仮定すると、信号点削減部1303、1304による信号点削減後の状態は図32(C)のようになる。ここで図32(C)に示すように変調信号Bについて誤った候補信号点が選択されるシンボルを離散することができるのは、実施の形態6でも説明したように、変調信号Aのインターリーブパターンと変調信号Bのインターリーブパターンを異なるようにしているからである。

【0171】

本実施の形態においては、軟判定部503で求めたパスメトリックを、軟判定部518での軟判定処理に反映させる。また軟判定部506で求めたパスメトリックを、軟判定部512での軟判定処理に反映させる。実際には、図24の軟判定部503から軟判定部518にパスメトリックを通知し、軟判定部506から軟判定部512にパスメトリックを通知すればよい。

【0172】

具体的には、軟判定部503で、変調信号Aについての各シンボルに対して、パスメモリ長nにおけるパスメトリックの最小値として、図32(B)のような値が得られたとする。軟判定部518は、削減された変調信号Bについての候補信号点を使って変調信号Bの各シンボルを判定するにあたって、信号点削減の際に用いられた変調信号Aのシンボルのパスメトリックの最小値を用いて判定を行う。

【0173】

ここで変調信号Aについての各シンボルのパスメトリックの最小値と、そのシンボルの誤りには相関がある。具体的には、パスメトリックの最小値が大きいほど、そのシンボルは誤り易くなる。

【0174】

本実施の形態では、信号点削減のために用いた他の変調信号(例えば変調信号A)の軟判定時のパスメトリックの最小値が大きいほど、削減された信号点の信頼度も低くなり、その信号点を用いて自変調信号(例えば変調信号B)の主判定を行うと、その判定の信頼度も低くなるといった考察に基づき、主判定を行うにあたって信号点削減の際に用いられた他の変調信号のシンボルのパスメトリックの最小値を用いる。

【0175】

實際上、軟判定部518は、変調信号Bのブランチメトリックを求めた後にパスメトリックを求めるにあたって、各シンボルのブランチメトリックに対して、図32(D)に示

すように、対応するシンボル（すなわち、そのシンボルの候補信号点削減に用いられた変調信号Aのシンボル）のパスメトリックの最小値の逆数を乗算するようになっている。例えば、変調信号Bのシンボル3201についてはブランチメトリックに対して $1/20$ を乗算し、シンボル3202についてはブランチメトリックに対して $1/52$ を乗算する。

【0176】

このように、削減された信号点を用いて主判定を行うにあたって、信号点削減の信頼性に相当する値をブランチメトリックに乗算するようにしたことにより、パスメトリックの信頼性を高めることができるようになる。この結果、主判定で得られるデータの誤り率特性を向上させることができる。

【0177】

かくして本実施の形態によれば、信号点削減のために行った仮判定（他の変調信号についての軟判定）での信頼度を、信号点削減後の主判定（自変調信号についての軟判定）に反映するようにしたことにより、主判定処理により得られるデータの誤り率特性を一段と向上させることができるようになる。

【0178】

なおこの実施の形態では、仮判定時のパスメトリックの最小値の逆数を、主判定時のブランチメトリックに乗算することで、仮判定時の信頼度を主判定に反映させる場合について述べたが、仮判定時の信頼度を主判定に反映させる方法はこれに限らず、要はパスメトリックの最小値に関わる係数を用いて主判定を行うようにすればよい。

【0179】

また仮判定時の信頼度を主判定に反映させる方法として、パスメトリックの最小値とパスメトリックの2番目に小さい値との差を、主判定に反映させるようにしてもよい。ここでパスメトリックの最小値とパスメトリックの2番目に小さい値の差が大きいほど、その判定は信頼性が高いといえる。これを考慮して、上述したパスメトリックの最小値の逆数に換えて、この差を用いて乗算係数を求めるようにしてもよい。

【0180】

またこの実施の形態では、図24を用いて本実施の形態の特徴を説明したが、本実施の形態の適用範囲はこれに限らない。本実施の形態の特徴は、他の変調信号の判定結果を用いて自変調信号の候補信号点を削減し、削減した候補信号点を用いて自変調信号を判定する場合に広く適用することができる。例えば上述した実施の形態1から実施の形態7の全てに適用可能である。

【0181】

（実施の形態9）

この実施の形態の特徴は、実施の形態1～実施の形態8の特徴に加えて、所定のタイミングで特定のシンボルを送信することである。この実施の形態では、第1に、特定のシンボルとして、時空間符号（この実施の形態では、時空間ブロック符号（STBC: Space-Time Block Code）を用いる）を送信することを提案する。また本実施の形態では、第2に、特定のシンボルとして、特殊シンボルを送信することを提案する。

【0182】

このように所定のタイミングで特定のシンボルを送信することにより、実施の形態1～実施の形態8での効果に加えて、受信データの誤り率特性を一段と向上させることができるようになる。

【0183】

（i）時空間ブロック符号を送信する場合

まず、時空間ブロック符号を送受信する原理について説明する。図33に、送信装置の各アンテナから送信する変調信号Aと変調信号Bのフレーム構成例を示す。図に示すように、送信装置は、第1のアンテナAN1（図1）から、変調信号Aとして、チャネル推定シンボル3301、データシンボル3302、3304、3306に加えて、規則的にSTBCシンボル3303を送信するようになっている。また送信装置は、第2のアンテナAN2（図1）から、変調信号Bとして、チャネル推定シンボル3307、データシンボ

ル 3308、3310、3312に加えて、規則的に STBC シンボル 3309 を送信するようになっている。

【0184】

なお図 33 (A) と図 33 (B) の時間軸は同一である。つまり、チャネル推定シンボル 3301 と 3307、データシンボル 3302 と 3308、STBC シンボル 3303 と 3309、データシンボル 3304 と 3310、STBC シンボル 3305 と 3311、データシンボル 3306 と 3312 は、それぞれ同時刻に送信される。また図 33 の例では、4 シンボルのデータシンボルの間に 2 シンボルの STBC シンボルを挿入して送信する。

【0185】

マルチアンテナ通信に STBC を用いることは既知の技術であるが、図 34 を用いて簡単に説明する。STBC では、時間 t にアンテナ 3401 から $S1$ の信号の変調信号を送信すると共にアンテナ 3402 から $S2$ の信号の変調信号を送信する。そして時間 $t+1$ にアンテナ 3401 から $-S2^*$ の信号の変調信号を送信すると共にアンテナ 3402 から $S1^*$ の信号の変調信号を送信する。但し、 $*$ は共役複素を示す。

【0186】

このとき、アンテナ 3403 の時間 t の受信信号を $R1(t)$ 、時間 $t+1$ の受信信号を $R1(t+1)$ とすると、以下の関係式が成立する。

【0187】

【数 2】

$$\begin{pmatrix} R1(t) \\ R1(t+1) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h1(t) & h2(t) \\ h2^*(t+1) & -h1^*(t+1) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} S1 \\ S2 \end{pmatrix} \dots\dots\dots (2)$$

受信部では、(2) 式を解くことで送信信号 $S1$ 、 $S2$ を復調することになるが、(2) 式を見れば分かるように、大きなダイバーシチゲインを得ることができるので、信号 $S1$ 、 $S2$ を品質良く求めることができる。

【0188】

ここで、図 33 のように、STBC を挿入する場合、変調信号 A を形成する際に、データシンボル 3302、3304、3306 と、STBC シンボル 3303、3305 の中の信号 $S1$ とで畳み込み符号化、ターボ符号化、LDPC (Low Density Parity Check) 符号化などの符号化を行うようにするとよい。また変調信号 B を形成する際に、データシンボル 3308、3310、3312 と、STBC シンボル 3309、3311 の中の信号 $S2$ とで畳み込み符号化、ターボ符号化、LDPC 符号化などの符号化を行うようにするとよい。

【0189】

次に、図 33 のような信号を送信するためのマルチアンテナ送信装置の構成例と、その信号を受信復調するためのマルチアンテナ受信装置の構成例を説明する。

【0190】

マルチアンテナ送信装置については、図 2 や図 28 の変調部 202A、202B を、例えば図 35 のように構成すればよい。変調部 202A と変調部 202B はほぼ同様の構成でよいので、ここでは変調部 202A について説明する。

【0191】

変調部 202A は、データシンボル信号生成部 3501 及び STBC シンボル信号生成部 3502 に符号化データ $S1A$ を入力する。またデータシンボル信号生成部 3501、STBC シンボル信号生成部 3502、チャネル推定シンボル信号生成部 3503 及び信号選択部 3508 にフレーム構成信号 $S10$ を入力する。

【0192】

データシンボル信号生成部 3501 は、フレーム構成信号 $S10$ がデータシンボルを示していたとき、符号化データ $S1A$ を変調し、データシンボルのベースバンド信号 3504 を出力する。STBC シンボル信号生成部 3502 は、フレーム構成信号 $S10$ が STBC シンボルを示していたとき、符号化データ $S1A$ を変調し、STBC シンボルのベー

スバンド信号3506を出力する。チャネル推定シンボル信号生成部3503は、フレーム構成信号S10がチャネル推定シンボルを示していたとき、チャネル推定シンボルのベースバンド信号3507を出力する。

【0193】

信号選択部3508は、入力されたベースバンド信号3504、3506、3507の中からフレーム構成信号S10が示しているベースバンド信号を選択し、ベースバンド信号S2Aとして出力する。これにより、図33に示すようなフレーム構成の変調信号を送信することができる。

【0194】

図36及び図37に、本実施の形態のマルチアンテナ受信装置の信号処理部の構成例を示す。図36は、反復復号を用いないときの信号処理部の構成を示し、図5との対応部分に同一符号を付した。図37は、反復復号を用いるときの信号処理部の構成を示す。

【0195】

先ず、図36の信号処理部3600の構成を説明する。信号処理部3600のSTBCシンボルブランチメトリック計算部4101は、チャネル変動推定値h11、h21、h12、h22及びベースバンド信号R1-2、R2-2を入力とし、STBCシンボルのブランチメトリックを求め、STBCシンボルのブランチメトリック信号4102、4103を出力する。

【0196】

このとき、STBCシンボルのブランチメトリック信号は2系統出力されることになる。これは、(2)式におけるS1、S2に対し、ブランチメトリックが存在するからである。4102は変調信号Aとして送信されたSTBCシンボルのブランチメトリック信号であり、4103は変調信号Bとして送信されたSTBCのブランチメトリック信号である。

【0197】

分離部501は、図33におけるデータシンボルについてのみ(1)式による信号分離を行い、推定ベースバンド信号502、505を出力する。

【0198】

データシンボルブランチメトリック計算部4104は、変調信号Aの推定ベースバンド信号502を入力とし、変調信号Aのデータシンボルのブランチメトリック計算し、データシンボルのブランチメトリック信号4105を出力する。同様に、データシンボルブランチメトリック計算部4106は、変調信号Bの推定ベースバンド信号505を入力とし、変調信号Bのデータシンボルのブランチメトリック計算し、データシンボルのブランチメトリック信号4107を出力する。

【0199】

復号部4108は、STBCシンボルのブランチメトリック信号4102、データシンボルのブランチメトリック信号4105を入力とし、パスメトリックを求め、復号することで、送信デジタル信号TAについての判定値504を出力する。同様に、復号部4109は、STBCシンボルのブランチメトリック信号4103、データシンボルのブランチメトリック信号4107を入力とし、パスメトリックを求め、復号することで、送信デジタル信号TBについての判定値507を出力する。

【0200】

信号点削減部508、510、514、516は、データシンボルについて実施の形態1で説明したのと同様に信号点削減を行い、信号点削減後の信号点情報を出力する。データシンボルブランチメトリック計算部4110、4112は、信号点削減後の信号点情報とベースバンド信号R1-2、R2-2を入力とし、データシンボルのブランチメトリック信号を出力する。復号部4114、4115は、データシンボルのブランチメトリック信号とSTBCシンボルのブランチメトリック信号を入力とし、パスメトリックを求め、復号する。

【0201】

次に、図 37 の構成について説明する。上述したように図 37 は、反復復号を用いるときの信号処理部の構成であり、図 36 の構成と図 13 の構成を組み合わせたものである。つまり、図 36 と図 37 の関係は、既に説明した図 5 と図 13 の関係と同じである。従って、図 37 の図 36 と対応する部分には同一符号を付して、その説明は省略する。

【0202】

次に、本実施の形態のように規則的に時空間符号を送信した場合の受信時の動作及び効果について説明する。

【0203】

図 38 に、図 33 のようなフレーム構成の信号を受信したときの受信状態例を示す。図 38 (A) は変調信号 A のフレーム構成を示す。図 38 (B) は一度目の判定後の変調信号 A の状態例を示す。図 38 (C) は信号点削減後の変調信号 B の状態を示す。なお図 38 (A)、図 38 (B) を変調信号 B とし、図 38 (C) を変調信号 A として考えても同様である。

【0204】

STBC シンボル 3501、3502 は、符号化によるダイバーシチゲインと受信アンテナにおけるダイバーシチゲインが得られるため、ブランチメトリックを求めた際、非常に信頼性が高い。また STBC シンボル 3501、3502 は、実施の形態 1～8 のような信号点削減を必要としない。一方、データシンボルでは、ダイバーシチゲインが小さいため、ブランチメトリックを求めた際、信頼性が低い。

【0205】

このような特性のなか、変調信号 A の一度目の軟判定後の状態について考える。STBC シンボルにおけるブランチメトリックの信頼性が非常に高いため、STBC シンボルのパスメトリックを求めて軟判定を行うと、正しいシンボルが得られる可能性が非常に高くなる。

【0206】

従って、変調信号 A のシンボル判定を正しく行うことができるため、この判定結果を用いてデータシンボルについての信号点削減を行うと、誤った信号点を選択する可能性が低くなる。この結果、削減された信号点を用いて変調信号 B のブランチメトリックを求めた際の、ブランチメトリックの信頼性が高くなる。

【0207】

加えて、変調信号 B にも STBC シンボルが挿入されており、STBC シンボルにおける符号化によるダイバーシチゲインと受信アンテナにおけるダイバーシチゲインにより STBC シンボルで求めたブランチメトリックの信頼性が非常に高い。

【0208】

これら 2 つの効果により、パスメトリックを求め、軟判定復号を行った際の、変調信号 B の誤り率特性を著しく向上させることができる。

【0209】

また実施の形態 3、4 のイタレーション処理を行う場合を考えると、本実施の形態のように STBC シンボルを挿入したフレーム構成とすることで、良好な誤り率特性を得るためのイタレーションの回数が少なくなると共に、さらなる誤り率特性の改善につながる。また実施の形態 6 のように、変調信号 A と変調信号 B のインターリーブパターンを異なるようにすると、誤り率特性はさらに改善される。その構成については、実施の形態 6 で詳述したのでここでは説明を省略するが、要は、送信側に、それぞれ異なるインターリーブパターンをもつ複数のインターリーブを設けて各アンテナから異なるインターリーブパターンでインターリーブされた変調信号を送信すると共に、受信側に、各インターリーブに対応するデインターリーブ及びインターリーブを設けるようにすればよい。

【0210】

(ii) 特殊シンボルを送信する場合

次に、特殊シンボルを送受信する原理について説明する。図 39 及び図 40 に特殊シンボルのフレーム構成例を示す。

【0211】

図39のフレーム構成について詳しく説明する。このフレーム構成では、変調信号Aとしてデータシンボル3701を送信している時間と同一時間に、変調信号Bとして同相I-直交Q平面で(0, 0)の信号で構成されたシンボル3703を送信する。すなわち変調信号Bを送信しない。また変調信号Bとしてデータシンボル3704を送信している時間と同一時間に、変調信号Aとして同相I-直交Q平面で(0, 0)の信号で構成されたシンボル3702を送信する。すなわち変調信号Aを送信しない。

【0212】

図39の例では、一つのアンテナのみからデータシンボルを送信し、他のアンテナは無送信とすることを、特殊シンボルと呼ぶ。つまり、ここではこのような特殊シンボルをSTBCシンボルに換えて、規則的に送信することを提案する。

【0213】

これにより、変調信号Aのデータシンボル3701を受信機が受信するとき、変調信号Bには信号が存在していないため、複数アンテナで変調シンボルAのみが受信されるので、ダイバーシチゲインが得られ、データシンボル3701について信頼性の高いブランチメトリックを得ることができる。加えて、信号点削減を行う必要がない。同様に、変調信号Bのデータシンボル3704を受信機が受信するとき、変調信号Aには信号が存在していないため、複数アンテナで変調信号Bのみが受信されるので、ダイバーシチゲインが得られ、データシンボル3704について信頼性の高いブランチメトリックを得ることができる。加えて、信号点削減を行う必要がない。

【0214】

因みに、特殊シンボル中のデータシンボル3701、3704は、このシンボルと時間的に前後する他のデータシンボルと共に符号化するようにする。このようにして、特殊シンボルとこれと前後する他のデータシンボルとを関与付ける。

【0215】

図40のフレーム構成について詳しく説明する。このフレーム構成では、変調信号Aを既知データシンボル3801とすると共に変調信号Bを既知データシンボル3802とし、この既知データシンボル3801、3802を同一時間に送信する。ここで既知データシンボルとは、既知のデータを送信することである。つまり、図40の例では、複数のアンテナからそれぞれ既知データシンボルを送信することを、特殊シンボルと呼ぶ。つまり、ここではこのような特殊シンボルをSTBCシンボルに換えて、規則的に送信することを提案する。

【0216】

これにより、変調信号Aと変調信号Bの既知データシンボル3801、3802を受信機が受信するとき、これらのシンボルが既知であるため各シンボルを確実に識別できる。よって、複数アンテナでの受信により、各変調シンボルで十分なダイバーシチゲインが得られ、各シンボルについて信頼性の高いブランチメトリックを得ることができる。加えて、信号点削減を行う必要がない。

【0217】

因みに、特殊シンボル中の既知データシンボル3801、3802は、このシンボルと時間的に前後する他のデータシンボルと共に符号化するようにする。このようにして、特殊シンボルとこれと前後する他のデータシンボルとを関与付ける。

【0218】

なお図40では、既知データシンボルが1シンボルで構成されている例を説明したが、STBC方式を用い、2シンボルで構成してもよい。いずれにおいても、既知データシンボルが符号化に関与していることが重要となる。

【0219】

次に、図39や図40のような信号を送信するためのマルチアンテナ送信装置の構成例と、その信号を受信復調するためのマルチアンテナ受信装置の構成例を説明する。

【0220】

マルチアンテナ送信装置については、図2や図28の変調部202A、202Bを、例えば図41のように構成すればよい。変調部202Aと変調部202Bはほぼ同様の構成でよいので、ここでは変調部202Aについて説明する。

【0221】

ここで図41の構成は、既に説明した図35の構成と比較して、STBCシンボル信号生成部3502を特殊シンボル信号生成部4001に換えただけなので、図35と同一の部分については同一符号を付して説明を省略する。特殊シンボル信号生成部4001は、符号化データS1A及びフレーム構成信号S10を入力とし、フレーム構成信号S10が特殊シンボルを示していたとき、図39や図40に示した特殊シンボルのベースバンド信号4002を出力する。

【0222】

またこのような特殊シンボルが挿入された変調信号を受信復調するマルチアンテナ受信装置の構成は、図36や図37のSTBCシンボルブランチメトリック計算部4101を、特殊シンボルブランチメトリック計算部に置き換えればよい。

【0223】

図42に、特殊シンボルを受信したときの受信状態例を示す。図42(A)は変調信号Aのフレーム構成を示す。図42(B)は一度目の判定後の変調信号Aの状態例を示す。図42(C)は信号点削減後の変調信号Bの状態を示す。なお図42(A)、図42(B)を変調信号Bとし、図42(C)を変調信号Aとして考えても同様である。

【0224】

STBCシンボルを挿入した場合と同様に特殊シンボルを挿入すると、特殊シンボルにおけるブランチメトリックの信頼性が非常に高いため、特殊シンボルのパスメトリックを求めて軟判定を行うと、正しいシンボルが得られる可能性が非常に高くなる。

【0225】

従って、変調信号Aのシンボル判定を正しく行うことができるため、この判定結果を用いてデータシンボルについての信号点削減を行うと、誤った信号点を選択する可能性が低くなる。この結果、削減された信号点を用いて変調信号Bのブランチメトリックを求めた際の、ブランチメトリックの信頼性が高くなる。

【0226】

加えて、変調信号Bにも特殊シンボルが挿入されており、特殊シンボルにおける符号化によるダイバーシチゲインと受信アンテナにおけるダイバーシチゲインにより特殊シンボルで求めたブランチメトリックの信頼性が非常に高い。

【0227】

これら2つの効果により、パスメトリックを求め、軟判定復号を行った際の、変調信号Bの誤り率特性を著しく向上させることができる。

【0228】

また実施の形態3、4のイタレーション処理を行う場合を考えると、本実施の形態のように特殊シンボルを挿入したフレーム構成とすることで、良好な誤り率特性を得るためのイタレーションの回数が少なくなると共に、さらなる誤り率特性の改善につながる。また実施の形態6のように、変調信号Aと変調信号Bのインターリーブパターンを異なるようにすると、誤り率特性はさらに改善される。

【0229】

(iii) 他の構成例

上述した実施の形態では、図38に示す位置にSTBCシンボル3501、3502を挿入し、図42に示す位置に特殊シンボル3601、3602を挿入する場合を例に挙げたが、STBCシンボル及び特殊シンボルの挿入位置及び間隔はこれに限らない。またデータシンボルの間に挿入するシンボルは、STBCシンボルや図39、図40に示した特殊シンボルに限らず、要は、ブランチメトリックの信頼性が高く、信号点削減が不要なシンボルであれば適用でき、このようなシンボルであれば上述したのと同様の効果を得ることができる。

【0230】

また挿入するブランチメトリックの信頼性の高いシンボル（図38のSTBCシンボル及び図42の特殊シンボル）は、信頼性の高いブランチメトリックを得るためのパイロットシンボルと呼ぶこともできる。

【0231】

また上述した実施の形態では、スペクトル拡散通信方式に適用した例を説明したがこれに限ったものではなく、例えばOFDM方式に適用することもできる。この場合、符号化する方法は、図38、図42のように時間軸に方向に符号化する方法も可能であるし、また図38、図42の横軸を周波数軸と考え、周波数軸に符号化することも可能である。加えて、時間軸と周波数軸の両方向に符号化することも可能である。またスペクトル拡散通信方式でないシングルキャリア方式にも当然適用することができる。

【0232】

さらに受信装置の構成は、図36、図37の構成に限ったものではなく、例えば、図12、図18のように変調信号Aと変調信号Bを交互に復調する構成をとることもできる。この場合、図36、図37の構成よりも回路規模を削減することができる。

【0233】

（実施の形態10）

この実施の形態では、符号化ブロック内で、必ず1度は、変調信号を送信するアンテナを切り替えることを提案する。これにより、直接波の影響による定常状態を変えることができるため、誤り率特性が符号化ブロック内全てに亘って悪くなる事態を回避して、誤り率特性が良い状態に引き込むことができるようになる。

【0234】

先ず、本実施の形態の原理について説明する。見通しの伝搬環境について考える。このとき、(1)式におけるチャネル行列は、直接波成分のチャネル要素 $h_{11,d}$, d , $h_{12,d}$, d , $h_{21,d}$, d , $h_{22,d}$, d と散乱波成分のチャネル要素 $h_{11,s}$, s , $h_{12,s}$, s , $h_{21,s}$, s , $h_{22,s}$, s に分けて考えることができ、次式のように表すことができる。

【0235】

【数3】

$$\begin{pmatrix} Rx_1 \\ Rx_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h_{11,d} & h_{12,d} \\ h_{21,d} & h_{22,d} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Tx_a \\ Tx_b \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} n_1 \\ n_2 \end{pmatrix} \dots\dots\dots (3)$$

直接波のチャネル要素は、定常の状態に陥ると、その状態に応じて受信電界強度が同一であっても全く異なる受信品質を示すことが知られている（例えば、文献“ライスフェージングにおけるMIMOシステムの解析”電子情報通信学会、信学技報RCS2003-90、pp. 1-6、2003年7月を参照）。特に、直接波が支配的な見通し環境では、実施の形態6のように変調信号間でインターリーブパターンを異なるようにしたことの効果が十分に現れないような定常状態になる可能性がある。このような状態に陥ると、受信電界強度が十分とれていても、良好な誤り率特性を得られないと考えられる。この実施の形態は、このような考察に基づいてなされたものである。

【0236】

先ず、符号化シンボルブロックの説明から始める。図43に、本実施の形態における符号化シンボルブロックの構成と送信する順番の例を示す。図43(A)は、符号化シンボルブロックの構成の一例を示している。符号化されているシンボルは、有限長で構成される。符号化シンボルブロックとは、その有限長で構成されているブロックのことを意味する（ここでは300シンボルで構成されている）。1, 2, ……., 299, 300の数字は、データの符号化の順番を示している。そして、インターリーブを行う際には、例えば、100シンボル単位に分割し、図43(A)の縦から読み出すことで、図43(B)のような順番でデータが送信されることになる。

【0237】

ところで、直接波が支配的な環境のときには、MIMO通信でない従来の変調信号を1

系統送信する場合についても、伝搬環境の変動が小さいため、インターリーブの効果が小さいが、受信電界強度が十分であるため、良好な受信品質（誤り率特性）が得られる。

【0238】

一方、MIMO通信の場合、直接波が支配的な環境のとき、伝搬環境の変動が小さいため、インターリーブの効果が小さいことは、従来と同様であるが、異なる点は、受信電界強度が十分ではあっても、(3)式の直接波の行列の状態によっては、受信品質が悪くなる場合が発生することである。

【0239】

そこで本実施の形態では、符号化ブロック内で、必ず1度は、変調信号を送信するアンテナを切り替えるようにする。その具体的なフレーム構成例を、図44に示す。変調信号Aについて、図43(B)に示すようなインターリーブを施し、図43(B)を3分割し（以下、分割した各ブロックを、XAブロック、YAブロック、ZAブロックと呼ぶ）、分割したブロックのうち必ず1つは別のアンテナから送信するようにする。

【0240】

例えば図44に示すように、変調信号Aにおいて、XAブロックはデータシンボル4402、YAブロックはデータシンボル4404、ZAブロックはデータシンボル4406に相当するものとしたとき、データシンボル4402、4404（すなわちXAブロックとYAブロック）は同一のアンテナAN1から送信するが、データシンボル4406（すなわちZAブロック）は送信するアンテナを別のアンテナAN2に切り替えるようにする。

【0241】

同様に、変調信号Bにおいても図43(B)に示すようなインターリーブを施し（但し、実施の形態6で説明したように、変調信号Bについては、図43(B)とは異なるインターリーブパターンを用いた方が誤り率特性が良くなる）、図43(B)を3分割し（以下、分割したブロックを、XBブロック、YBブロック、ZBブロックと呼ぶ）、分割したブロックのうち必ず1つは別のアンテナから送信するようにする。

【0242】

例えば図44に示すように、変調信号Bにおいて、XBブロックはデータシンボル4408、YBブロックはデータシンボル4410、ZBブロックはデータシンボル4412に相当するものとしたとき、データシンボル4408（すなわちXBブロック）はアンテナAN2から送信するが、データシンボル4410、4412（すなわちYBブロックとZBブロック）は別のアンテナAN3から送信するようにする。

【0243】

ここで変調信号A、BをアンテナAN1、アンテナAN2で送信した場合に、直接波の影響により定常的になった行列の状態が悪く、このため受信電界強度が十分でもブランチメトリックの信頼性が低いとする。同様に、変調信号A、BをアンテナAN1とアンテナAN3で送信した場合にも、直接波の影響により定常的になった行列の状態が悪く、このため受信電界強度が十分でもブランチメトリックの信頼性が低いとする。

【0244】

一方、変調信号A、BをアンテナAN2とアンテナAN3で送信された場合に、直接波の影響により定常的になった行列の状態が良く、このためブランチメトリックの信頼性が高いとする。

【0245】

このように、直接波による定常状態に陥ったときの行列の状態は、変調信号を送信するアンテナを切り替えることで変えることができる。この結果、ブランチメトリックの信頼性を、変調信号を送信するアンテナを切り替えることで変化させることができる。具体的には、図44の期間t1、t2では、信頼性の低いブランチメトリックしか得られないが、期間t3では、信頼性の高いブランチメトリックを得ることができるようになる。因みに、変調信号を送信するアンテナを切り替えると、受信電界強度が変わるのではなく、行列の状態が変わるのである。但し、送信アンテナの選択パターンが同一である場合は、ほ

ば同一の状態である。

【0246】

また符号化ブロック内で変調信号を送信するアンテナを切り替えるようにしたので、符号化ブロック内で、デインターリーブにより、信頼性の高いブランチメトリックと低いブランチメトリックがランダムに並び換えられるようになる。この結果、パスメトリックを求め、復号すると、ある程度の信頼性のあるデータを得ることができる。そして、信号点削減を用いた反復復号により、ある程度の信頼性のあるデータを基に反復してデータを復号すると、十分信頼性のあるデータを得ることが可能となる。

【0247】

図45に、本実施の形態のマルチアンテナ送信装置の構成例を示す。なお図45では、図2との対応部分には同一符号を付した。アンテナ選択部4501は、変調信号Ta、Tb、フレーム構成信号S10を入力とし、フレーム構成信号S10に従って変調信号Ta、Tbを送信するアンテナAN1～AN3を選択する。これにより、図44のフレーム構成の変調信号を送信することができる。

【0248】

かくして本実施の形態によれば、符号化ブロック内で、必ず1度は、変調信号を送信するアンテナを切り替えるようにしたことにより、直接波の影響による定常状態を変えることができるため、誤り率特性の良くなる状態に引き込むことができるようになる。この結果、上述した実施の形態1～9の特徴と組み合わせると、一段と誤り率特性の良い受信データを得ることができる。因みに、誤り率特性の良い状態に引き込むためには、変調信号間で異なるインターリーブパターンを選定したり、信号点削減による反復復号を適用すると効果的である。

【0249】

(他の実施の形態)

なお上述した実施の形態では、軟判定を行うことによりデジタル信号を得る場合について述べたが、本発明はこれに限らず、硬判定を得ることによりデジタル信号を得る場合についても適用でき、この場合でも少ない演算回数で誤り率特性の良い受信データを得ることができる。

【0250】

また上述した実施の形態では、分離部501や、軟判定部503、506、1101で仮判定した判定値全てを信号点削減処理に用いるようにした場合について述べたが、一部の仮判定値はそのまま最終的な受信データとして用いるようにしてもよい。例えばそれほど高い受信品質が求められないデータなどは、軟判定部512、518による主判定を行わずにそのまま出力することが考えられる。

【0251】

さらに上述した実施の形態では、主にスペクトル拡散通信方式を例に説明したが、これに限ったものではなく、例えば、拡散部を有しないシングルキャリア方式、OFDM方式においても同様に実施することができる。シングルキャリア方式の場合、拡散部、逆拡散部を有しない構成となる。マルチキャリア方式とスペクトル拡散通信方式を併用した場合(例えばOFDM-CDMA方式)についても同様に実施することができる。

【産業上の利用可能性】

【0252】

本発明は、OFDM-MIMO (Multiple-Input Multiple-Output) 技術等を用いて高速データ通信を図ったマルチアンテナ通信システムに適用して好適である。

【図面の簡単な説明】

【0253】

【図1】 マルチアンテナ通信システムの概略構成を示す図

【図2】 マルチアンテナ送信装置の構成を示すブロック図

【図3】 ベースバンド信号のフレーム構成例を示す図

【図4】 マルチアンテナ受信装置の全体構成を示すブロック図

- 【図5】実施の形態1によるマルチアンテナ受信装置の信号処理部の構成を示すブロック図
- 【図6】軟判定部503（506）の構成を示すブロック図
- 【図7】軟判定部503（506）での処理の説明に供する図
- 【図8】多重化された変調信号Aと変調信号Bの候補信号点と受信点を示す図
- 【図9】変調信号Aについての削減された候補信号点と受信点とを示す図
- 【図10】変調信号Bについての削減された候補信号点と受信点とを示す図
- 【図11】実施の形態1のマルチアンテナ受信装置に用いる信号処理部の他の構成例を示すブロック図
- 【図12】実施の形態2によるマルチアンテナ受信装置の信号処理部の構成を示すブロック図
- 【図13】実施の形態3によるマルチアンテナ受信装置の信号処理部の構成を示すブロック図
- 【図14】実施の形態3によるイタレーション動作の説明に供する図
- 【図15】実施の形態3での復号手順のイメージを示す図
- 【図16】実施の形態3のマルチアンテナ受信装置のシミュレーション結果を示す特性曲線図
- 【図17】実施の形態3のマルチアンテナ受信装置に用いる信号処理部の他の構成例を示すブロック図
- 【図18】実施の形態4によるマルチアンテナ受信装置の信号処理部の構成を示すブロック図
- 【図19】実施の形態4によるイタレーション動作の説明に供する図
- 【図20】実施の形態4のマルチアンテナ受信装置のシミュレーション結果を示す特性曲線図
- 【図21】実施の形態5での各変調信号の信号点配置例を示す図
- 【図22】QPSKと16QAMの受信品質を示す特性曲線図
- 【図23】実施の形態6のマルチアンテナ送信装置の構成を示すブロック図
- 【図24】デインターリーブの処理の説明に供するブロック図
- 【図25】変調信号Aと変調信号Bのインターリーブパターンが同一の場合のシンボルの状態の一例を示す図
- 【図26】実施の形態6の方法を適用して、変調信号Aのためのインターリーブパターンと、変調信号Bのためのインターリーブパターンを異なるようにした場合のシンボルの状態の一例を示す図
- 【図27】変調信号間でインターリーブパターンを異なるようにした場合と、同一にした場合の受信特性を示す図
- 【図28】実施の形態7のマルチアンテナ送信装置の構成を示すブロック図
- 【図29】実施の形態7の各変調信号のフレーム構成例を示す図
- 【図30】実施の形態7のマルチアンテナ送信装置の他の構成を示すブロック図
- 【図31】実施の形態7のマルチアンテナ受信装置の構成を示すブロック図
- 【図32】実施の形態8の原理の説明に供する図
- 【図33】STBCシンボルを挿入する場合のフレーム構成例を示す図
- 【図34】STBCの送受信の説明に供する図
- 【図35】STBCシンボルを挿入するための構成例を示すブロック図
- 【図36】実施の形態9のマルチアンテナ受信装置の信号処理部の構成例を示すブロック図
- 【図37】実施の形態9のマルチアンテナ受信装置の信号処理部の構成例を示すブロック図
- 【図38】STBCシンボルを挿入したときの受信状態例を示す図
- 【図39】特殊シンボルのフレーム構成例を示す図
- 【図40】特殊シンボルのフレーム構成例を示す図

【図 4 1】 STBC シンボルを挿入するための構成例を示すブロック図

【図 4 2】 特殊シンボルを挿入したときの受信状態例を示す図

【図 4 3】 符号化シンボルブロックとインターリーブ後の符号化シンボルブロックを示す図

【図 4 4】 実施の形態 10 の動作の説明に供する図

【図 4 5】 実施の形態 10 のマルチアンテナ送信装置の構成を示すブロック図

【図 4 6】 一般的なマルチアンテナ通信システムの概略構成を示す図

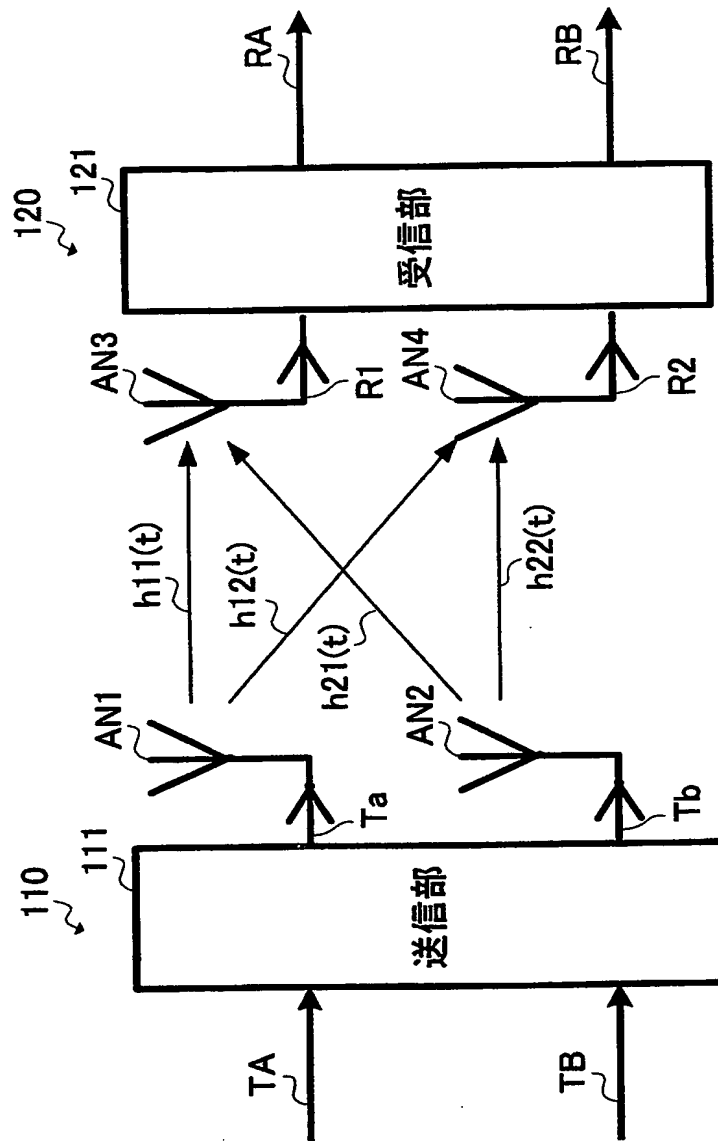
【符号の説明】

【0254】

- 100 マルチアンテナ通信システム
- 110、2300、2700、2900、4500 マルチアンテナ送信装置
- 120、3000 マルチアンテナ受信装置
- 201A、201B 符号化部
- 202A、202B 変調部
- 203A、203B 拡散部
- 403-1A、403-1B、403-2A、403-2B チャンネル変動推定部
- 404、1100、1200、1300、1700、1800、3002、3600、
- 3700 信号処理部
- 501 分離部
- 503、506、512、518、1101、1705 軟判定部
- 504、507、1102、1103、1706、1707 判定値
- 508、510、514、516、1201、1202、1301~1304、170
- 1~1704、1801~1804 信号点削減部
- 509、511、515、517 信号点情報
- 701、800 受信点
- 2301A、2301B インターリーバ
- 2702A、2702B 逆フーリエ変換部 (idft)
- 3303、3305、3309、3311、3501、3502 STBC シンボル
- 3601、3602 特殊シンボル
- AN1~AN4 アンテナ
- TA、TB 送信デジタル信号
- Ta、Tb 変調信号
- h11、h12、h21、h22 チャンネル変動推定値
- R1-2、R2-2 ベースバンド信号
- RA、RB 受信データ

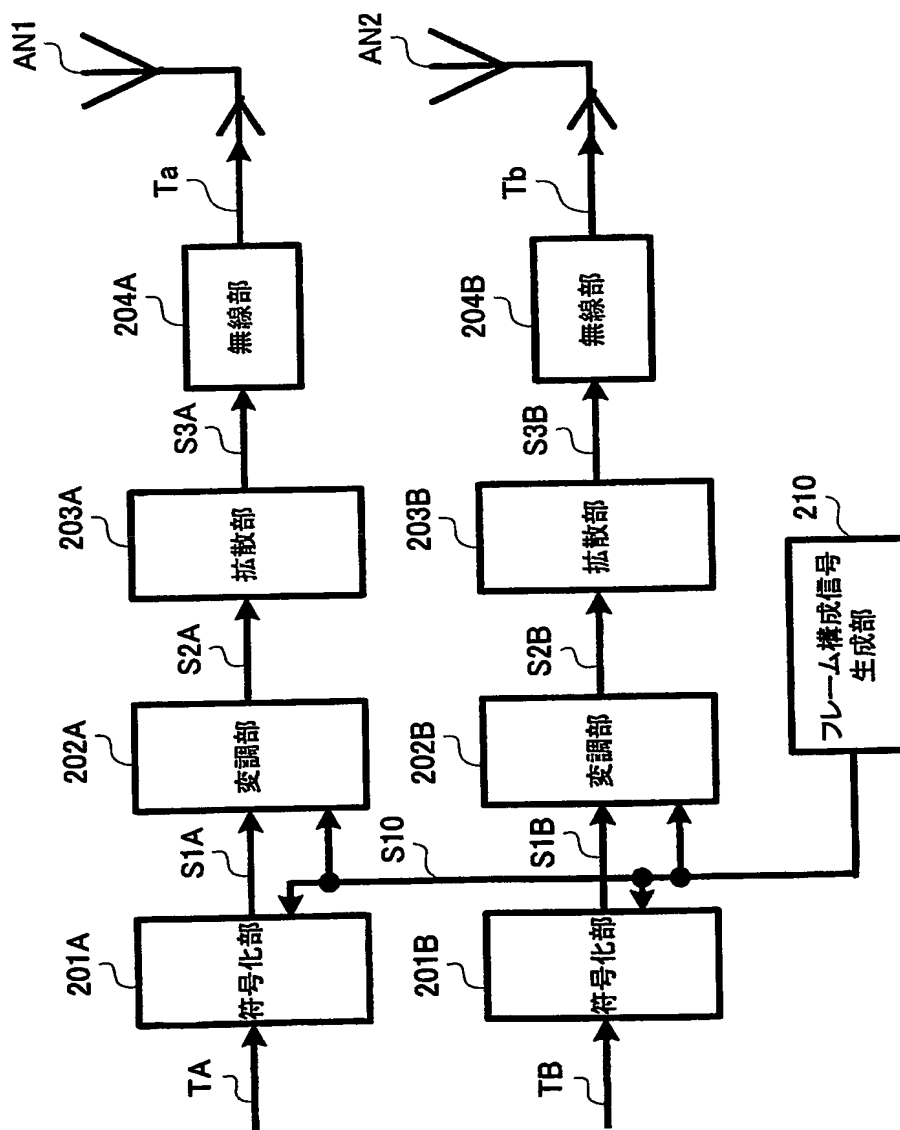
【書類名】 図面
【図 1】

100 マルチアンテナ通信システム

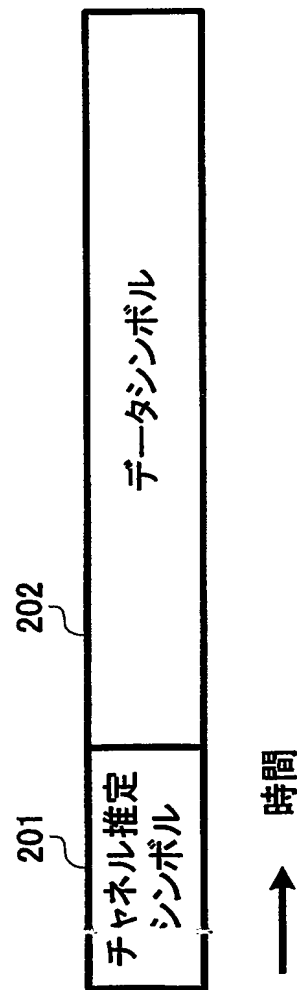


【図2】

110 マルチアンテナ送信装置

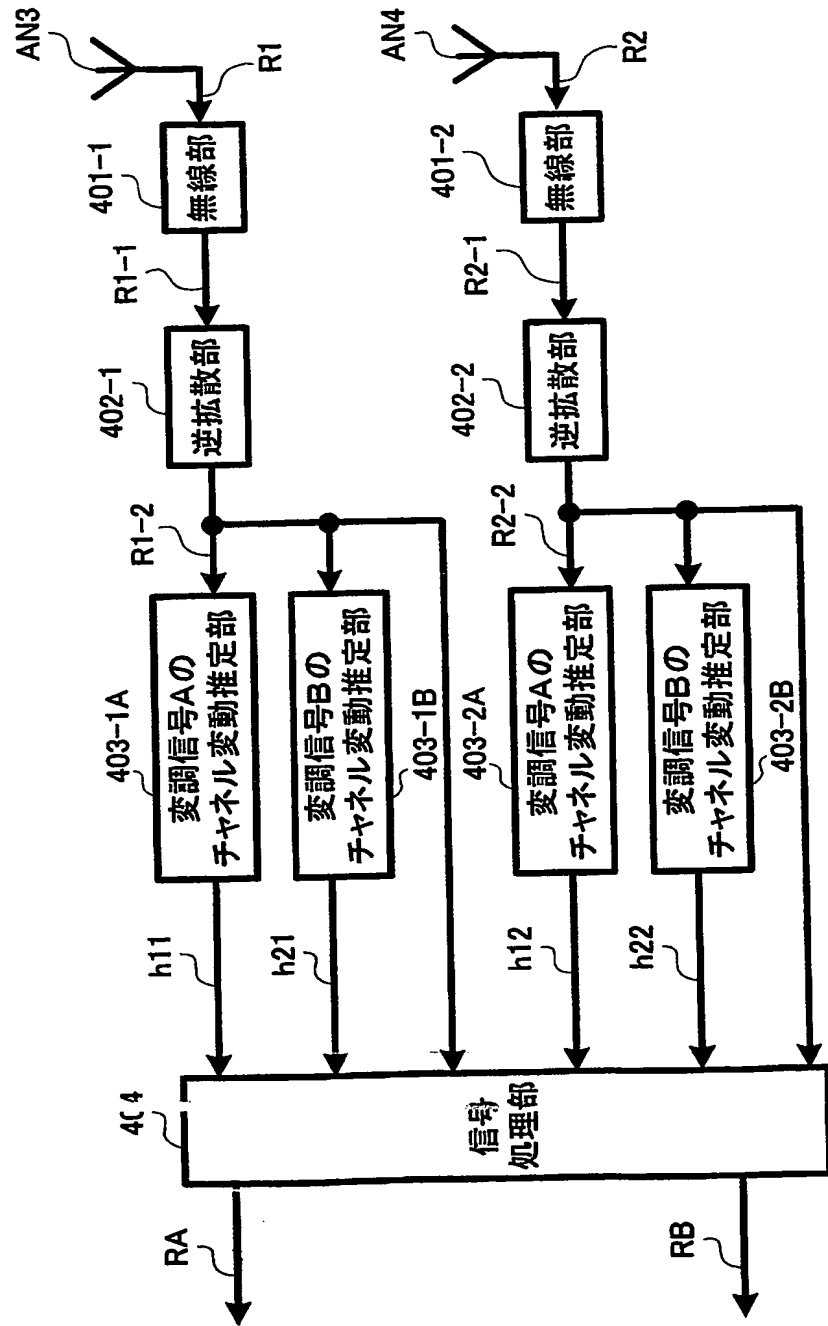


【図 3】

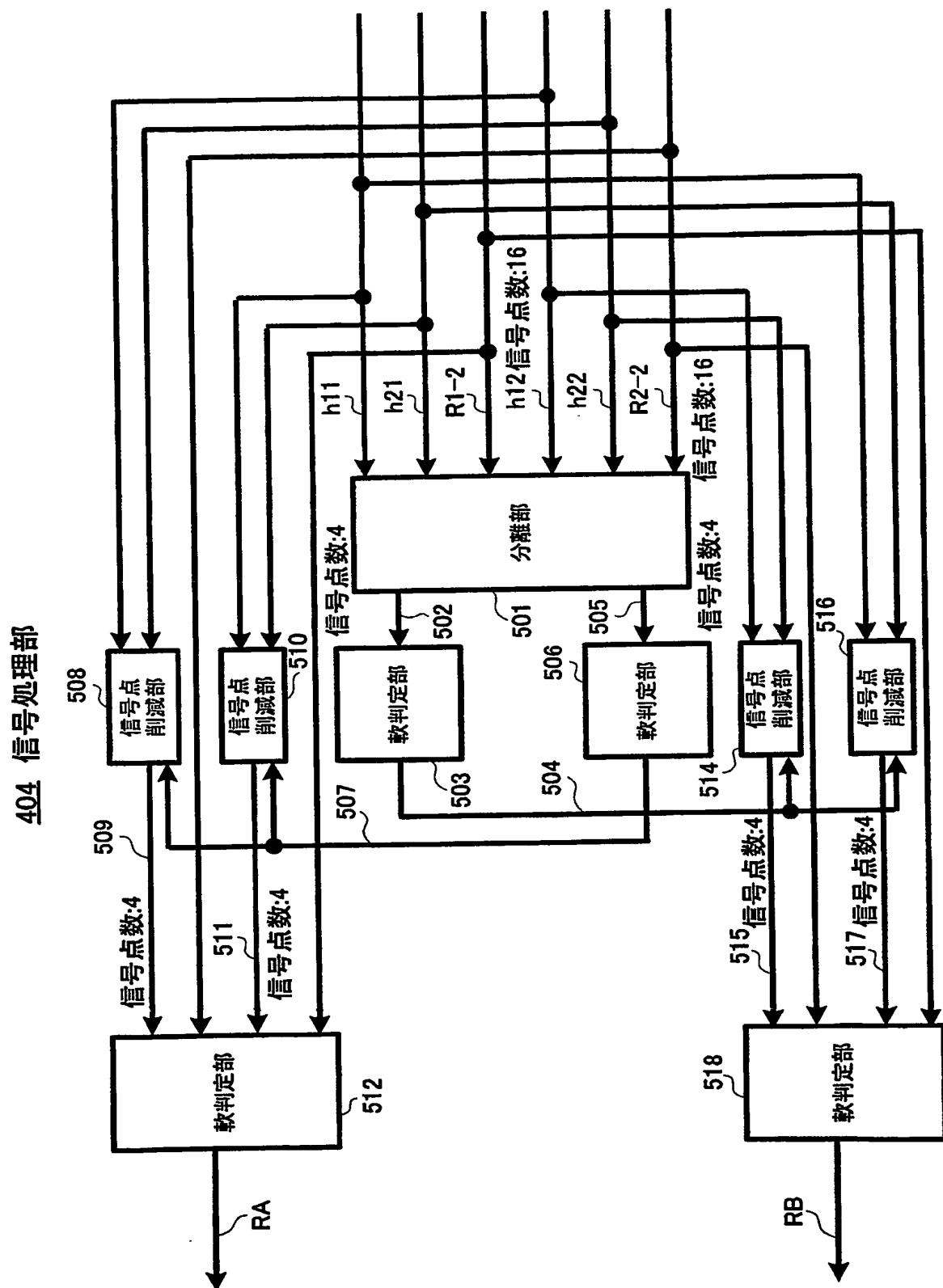


【図 4】

120 マルチアンテナ受信装置

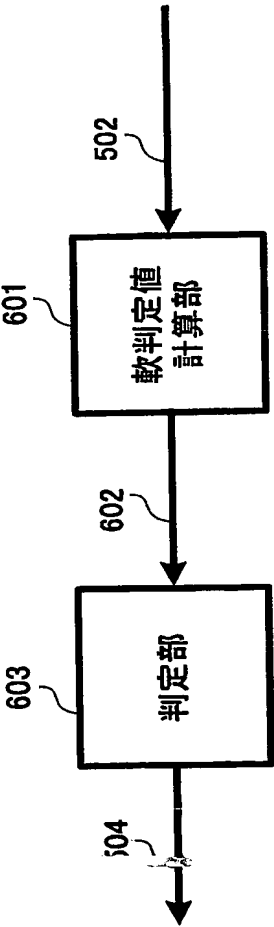


【図 5】

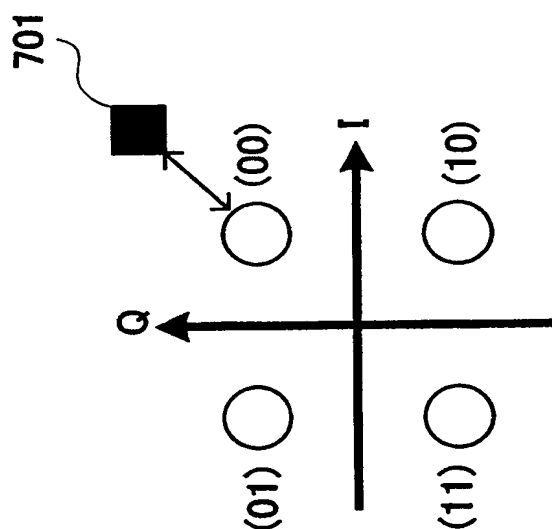


【図 6】

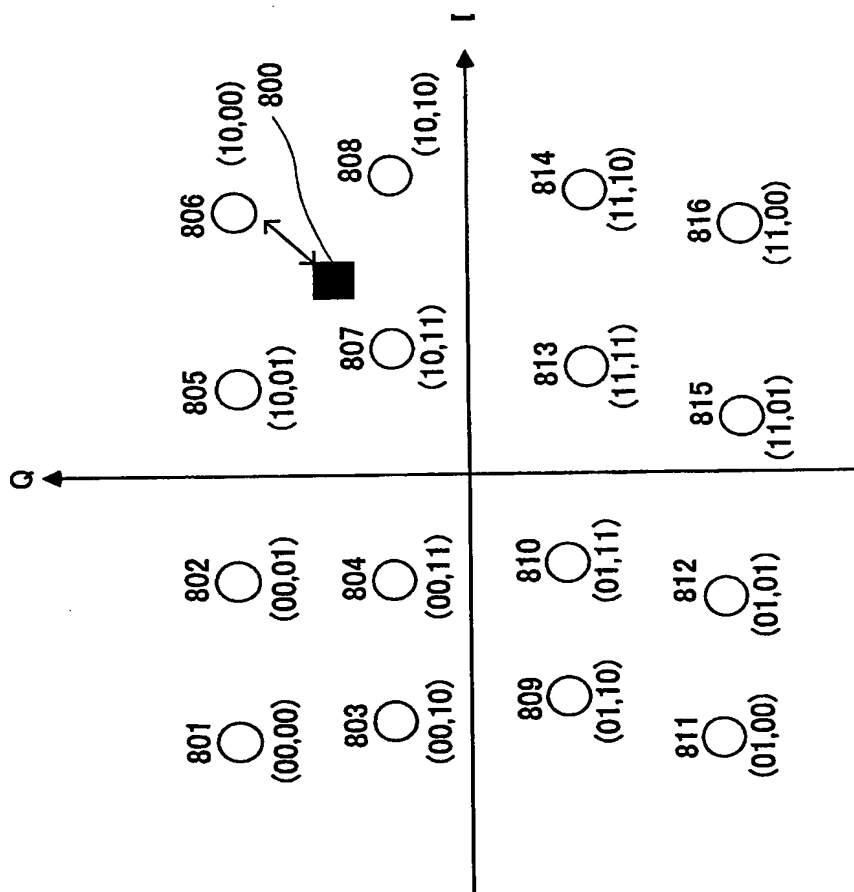
503 軟判定部



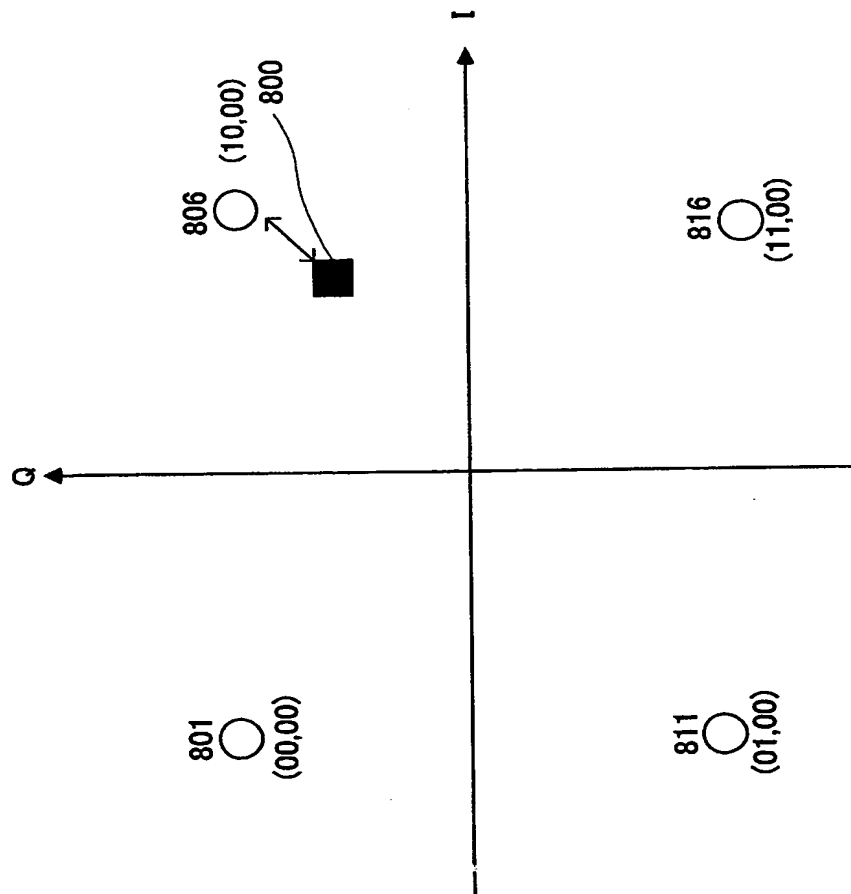
【図 7】



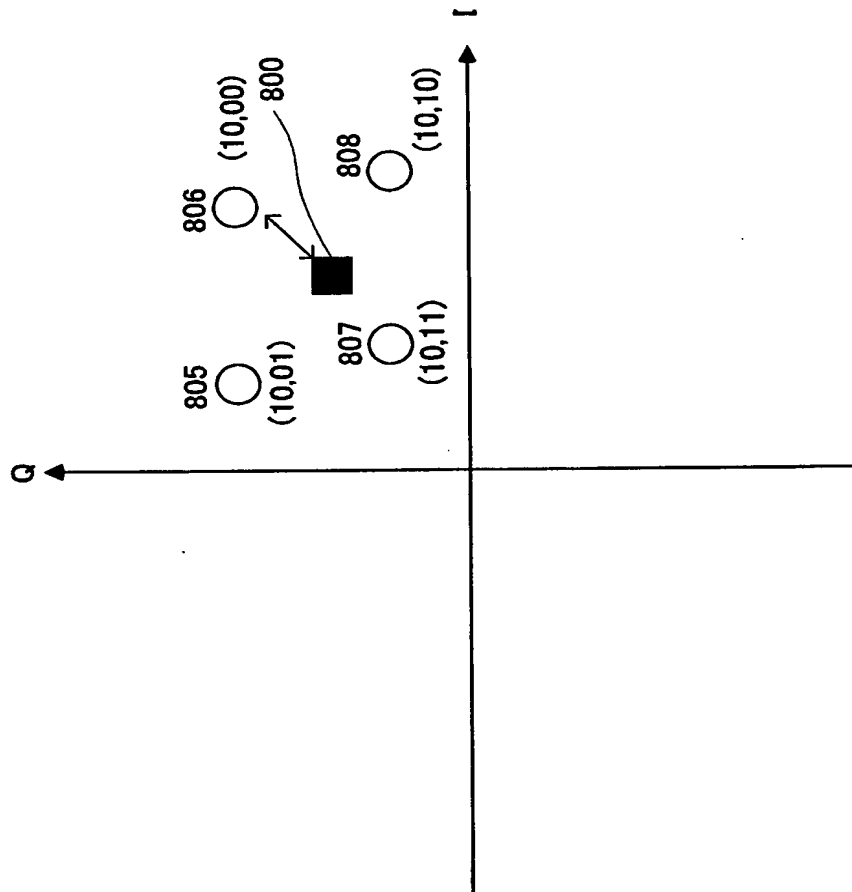
【図 8】



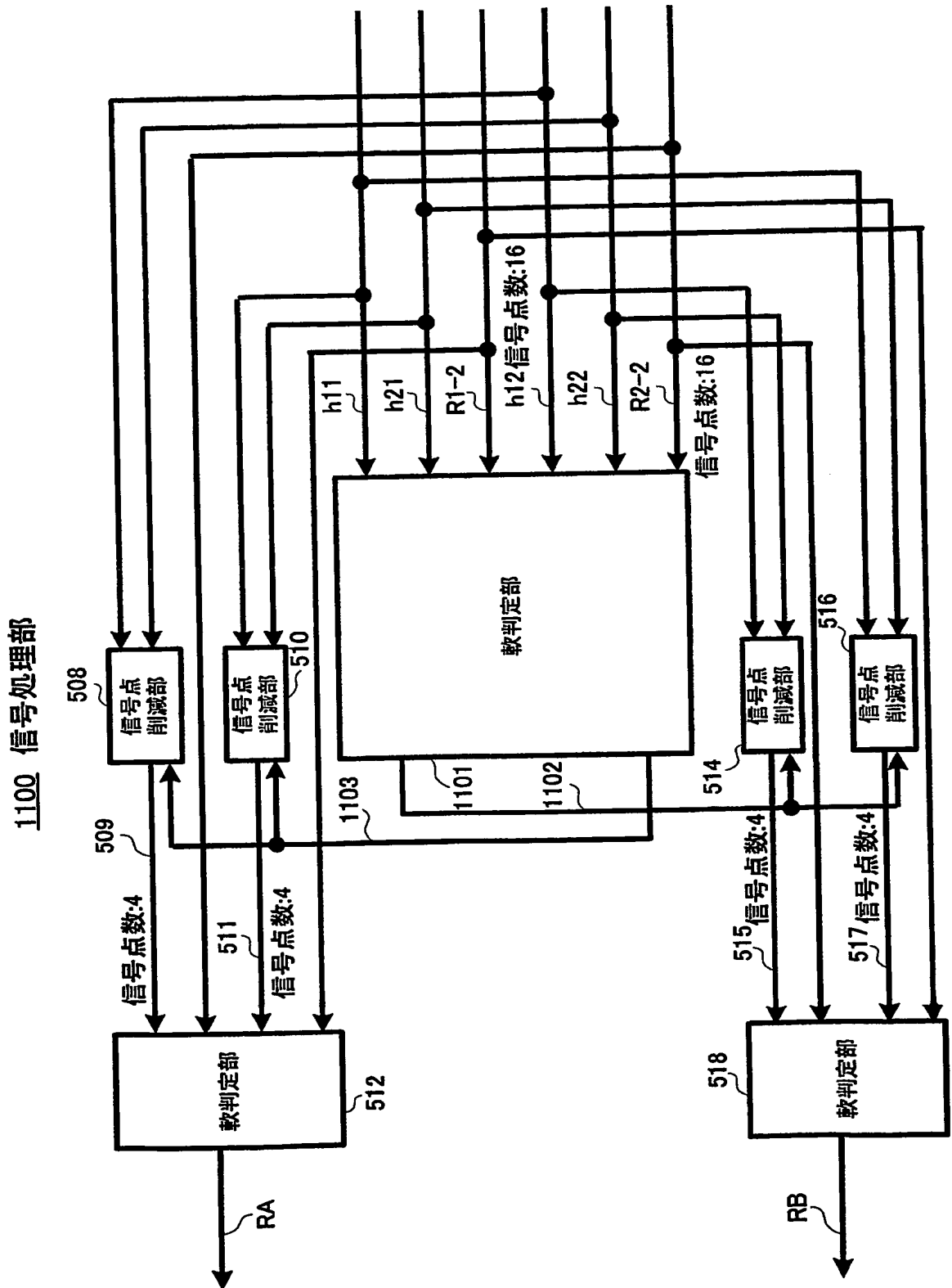
【図 9】



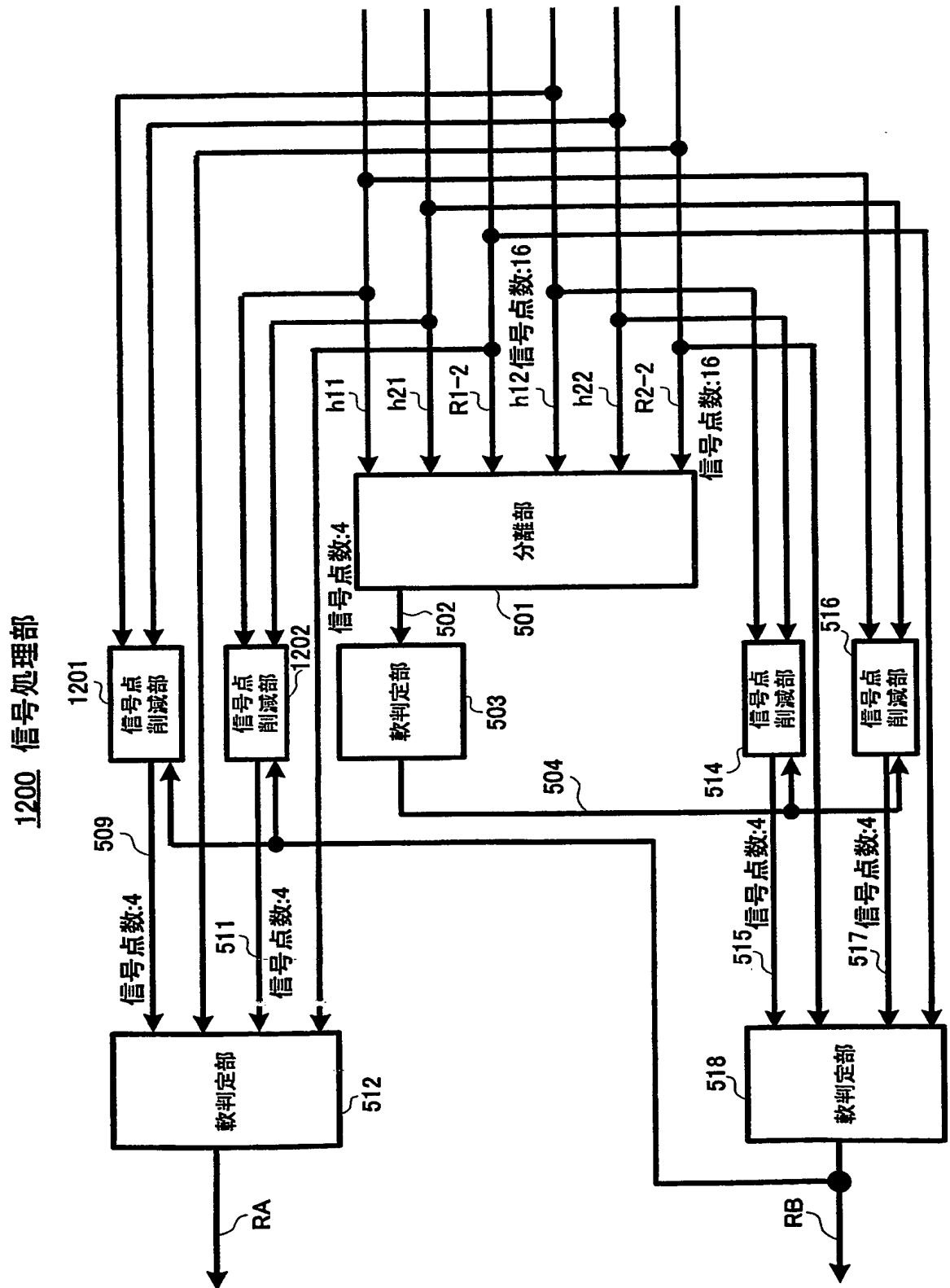
【図 10】



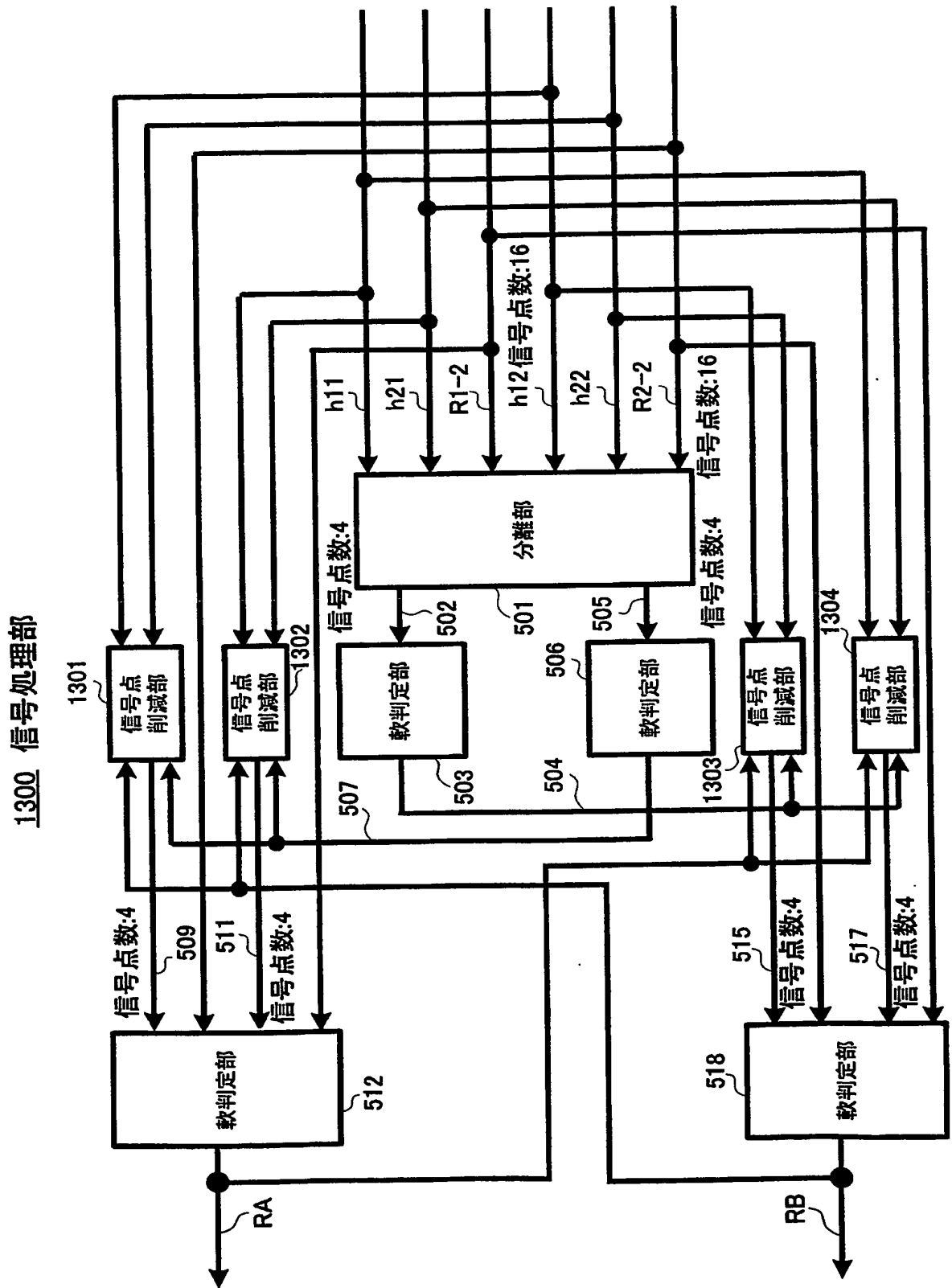
【図11】



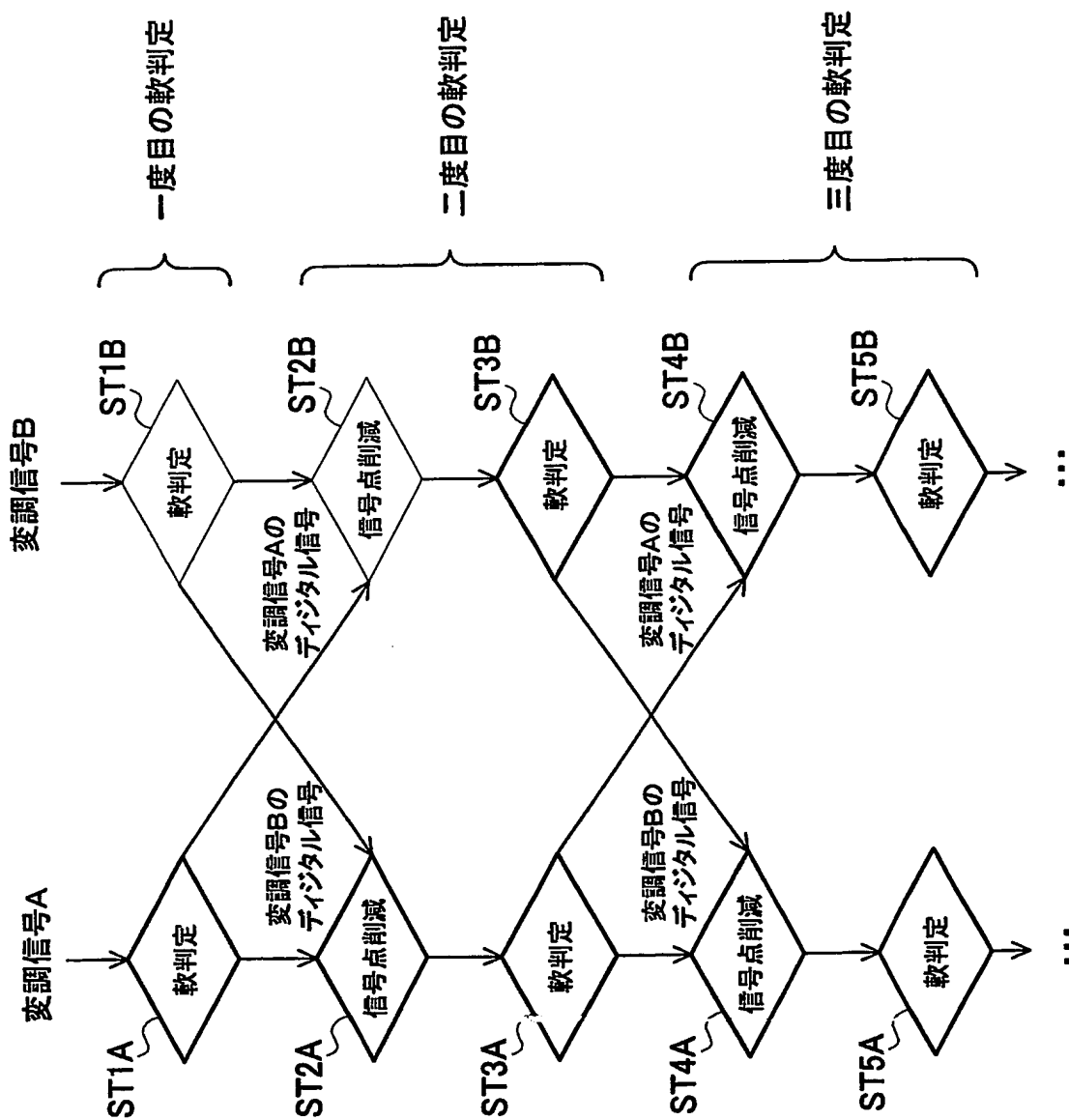
【図 12】



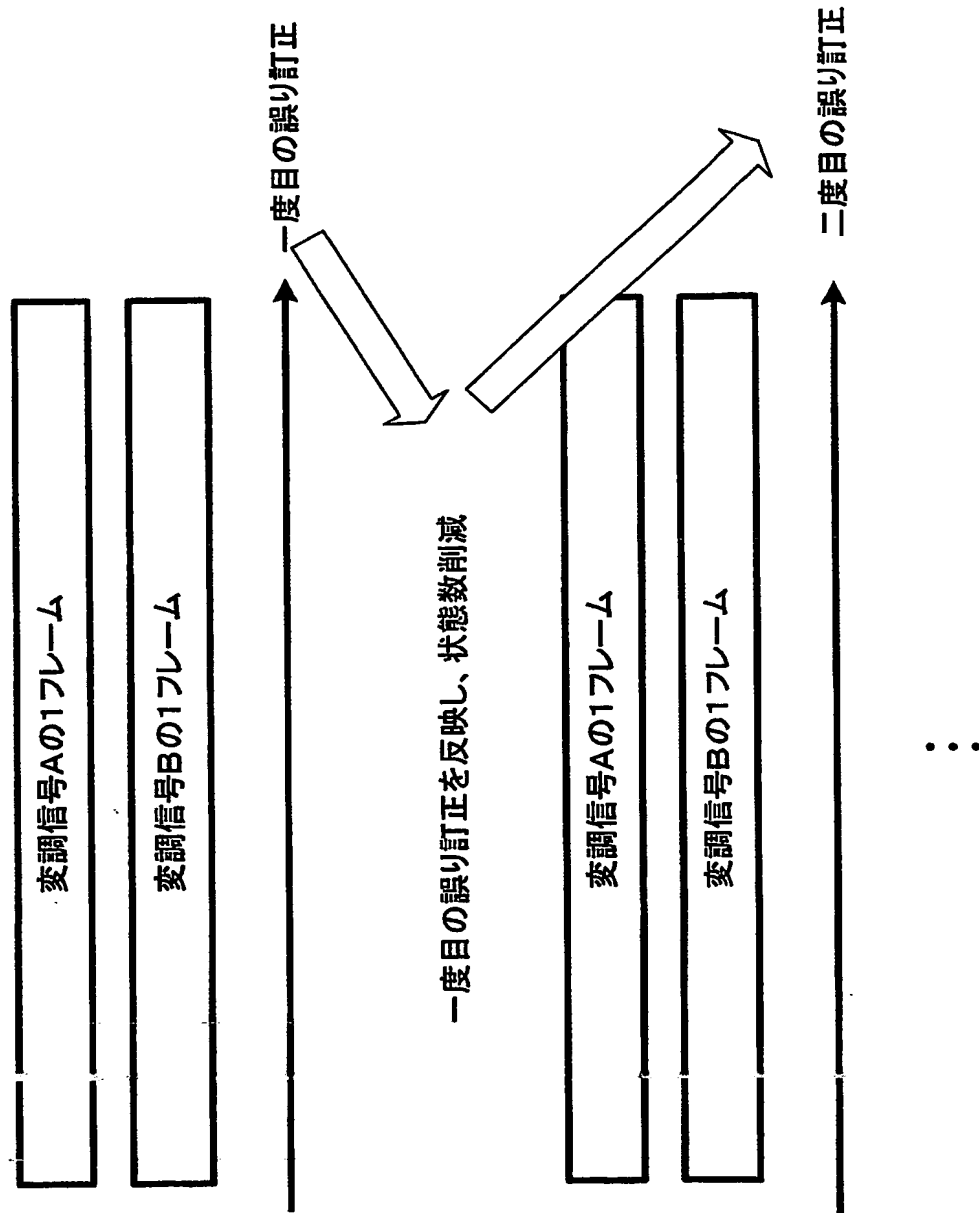
【図 13】



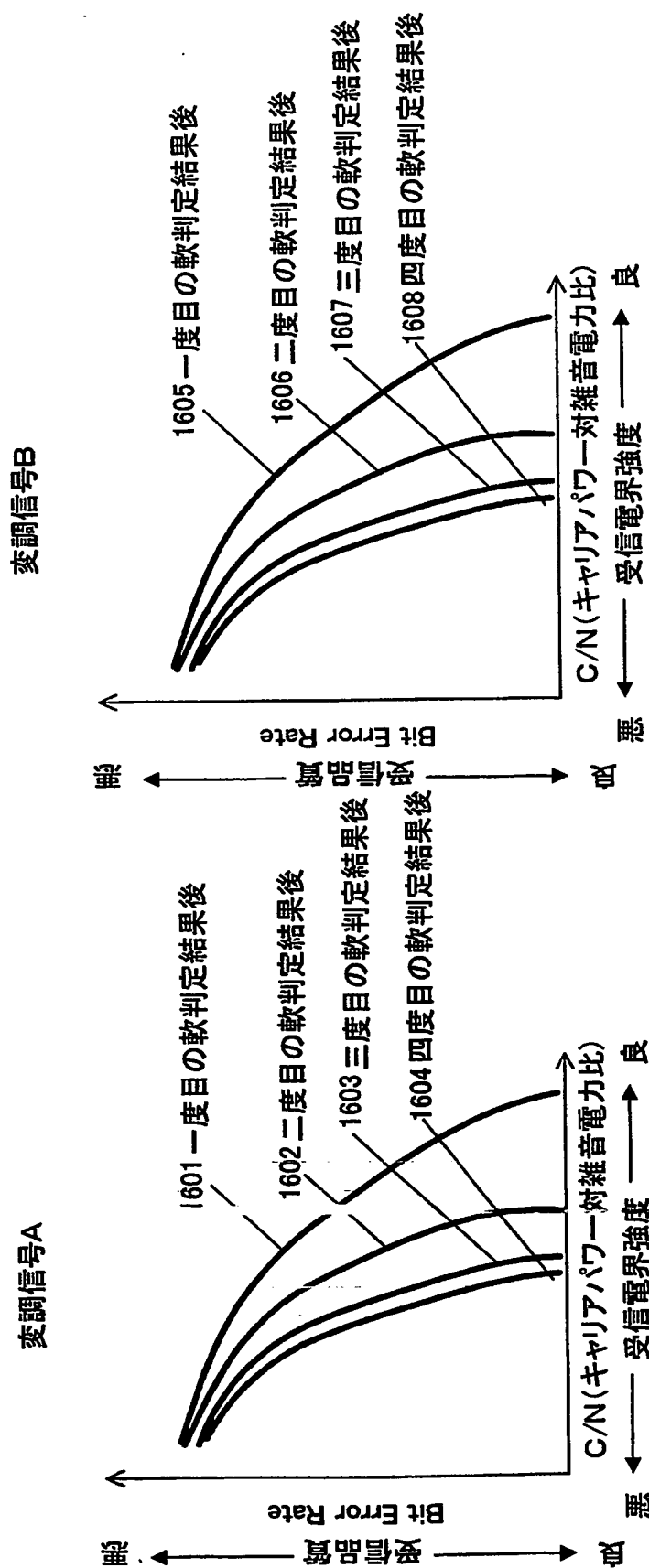
【図 14】



【図 15】



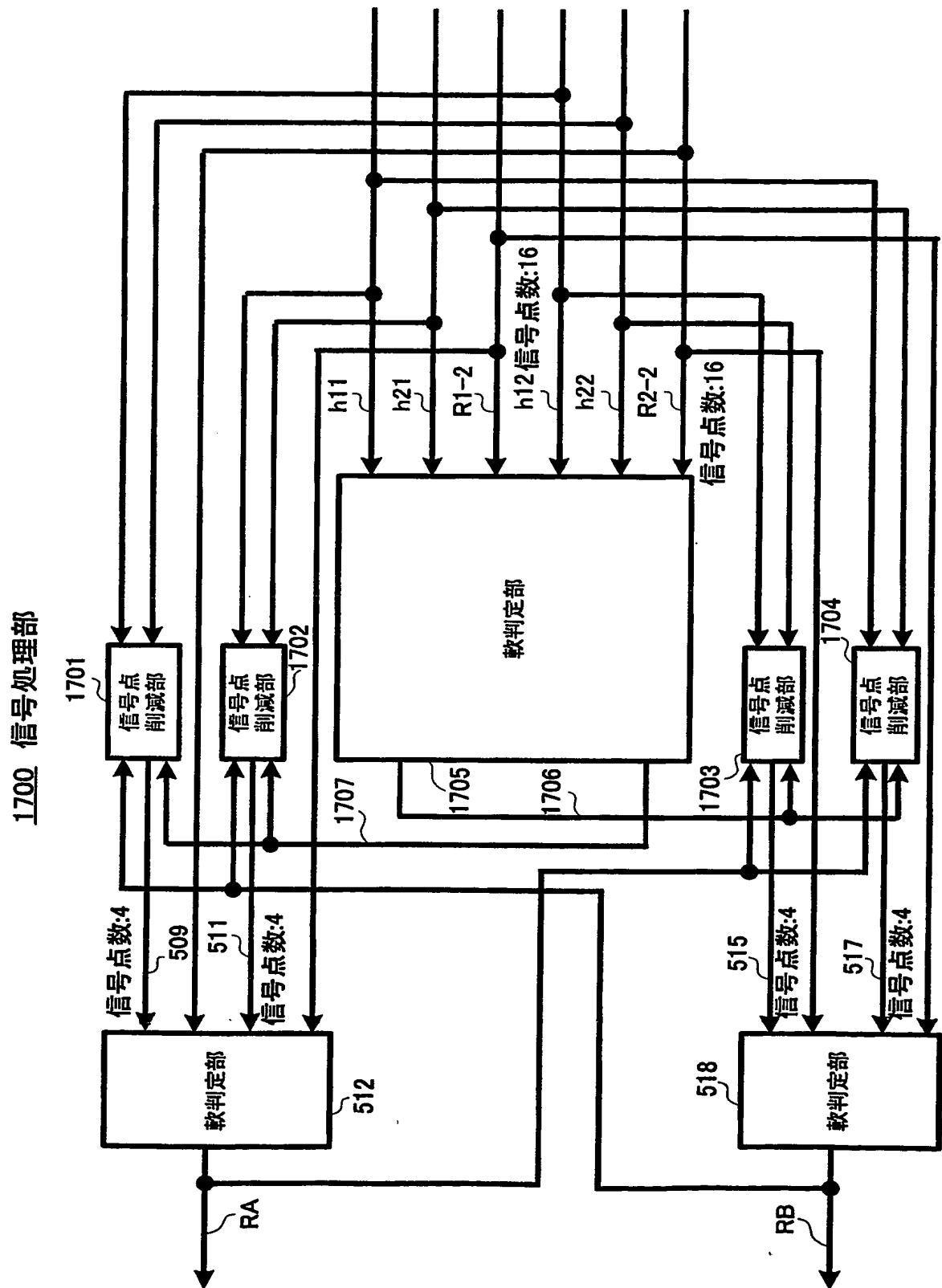
【図 16】



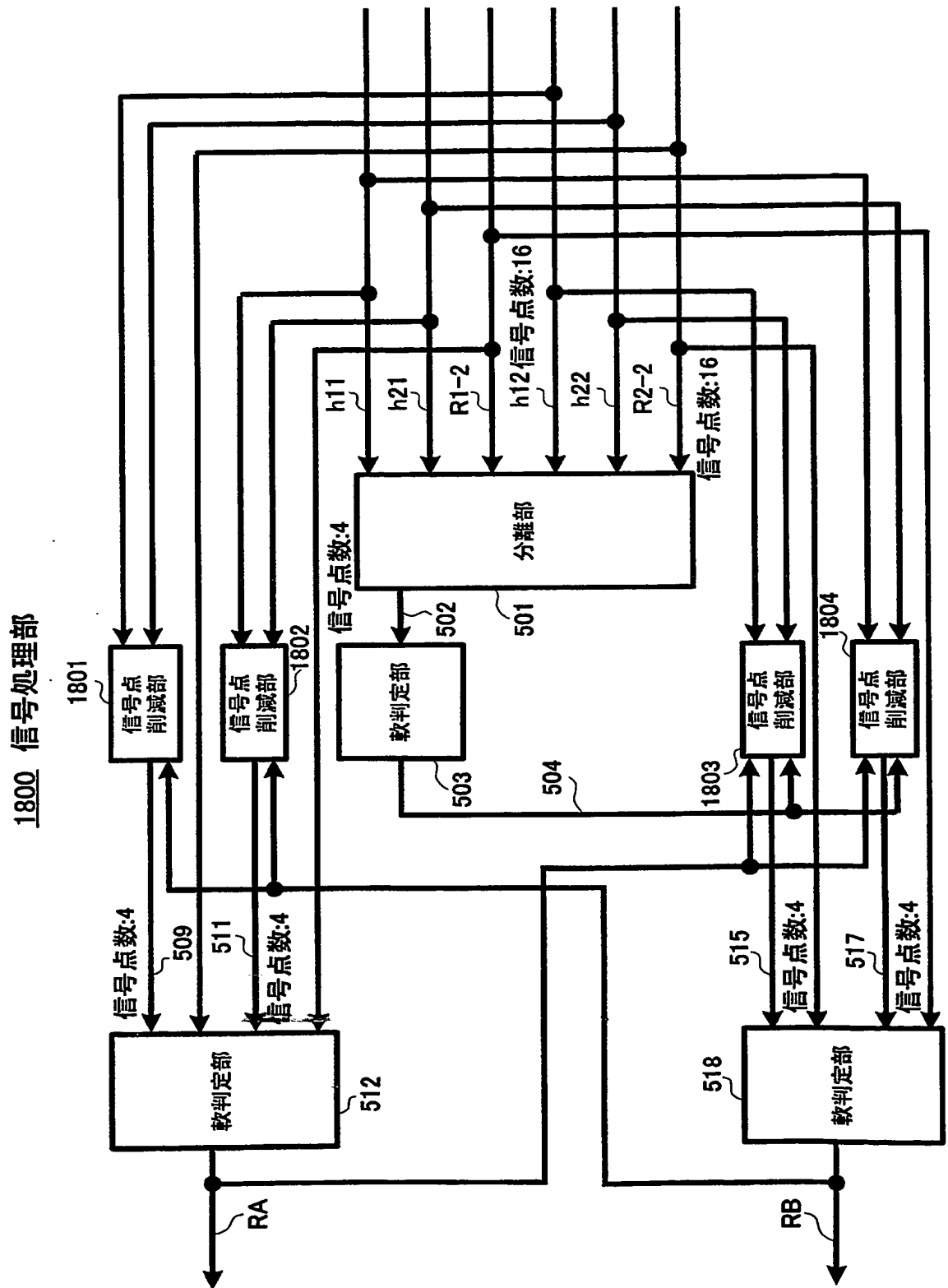
(B)

(A)

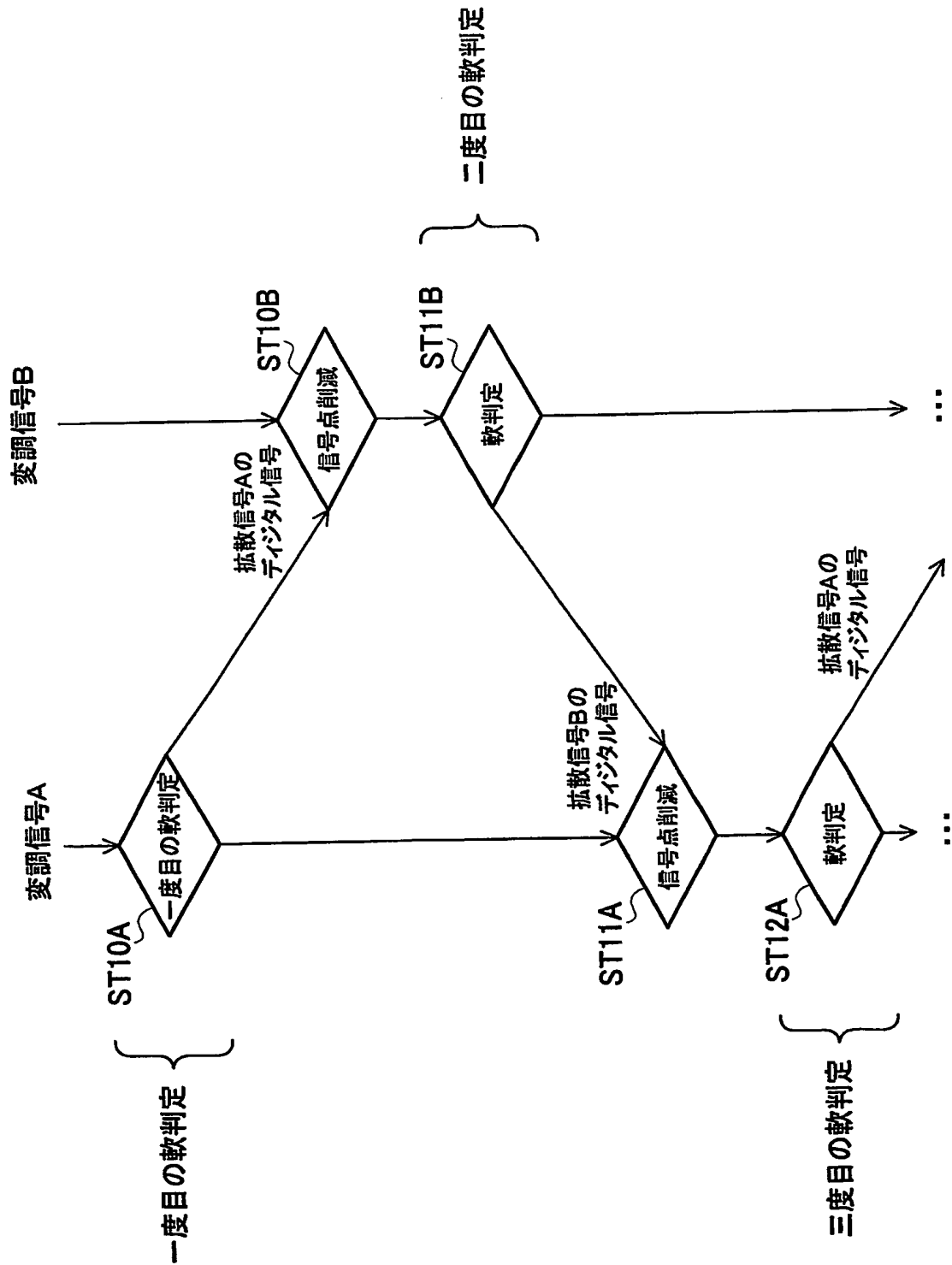
【図 17】



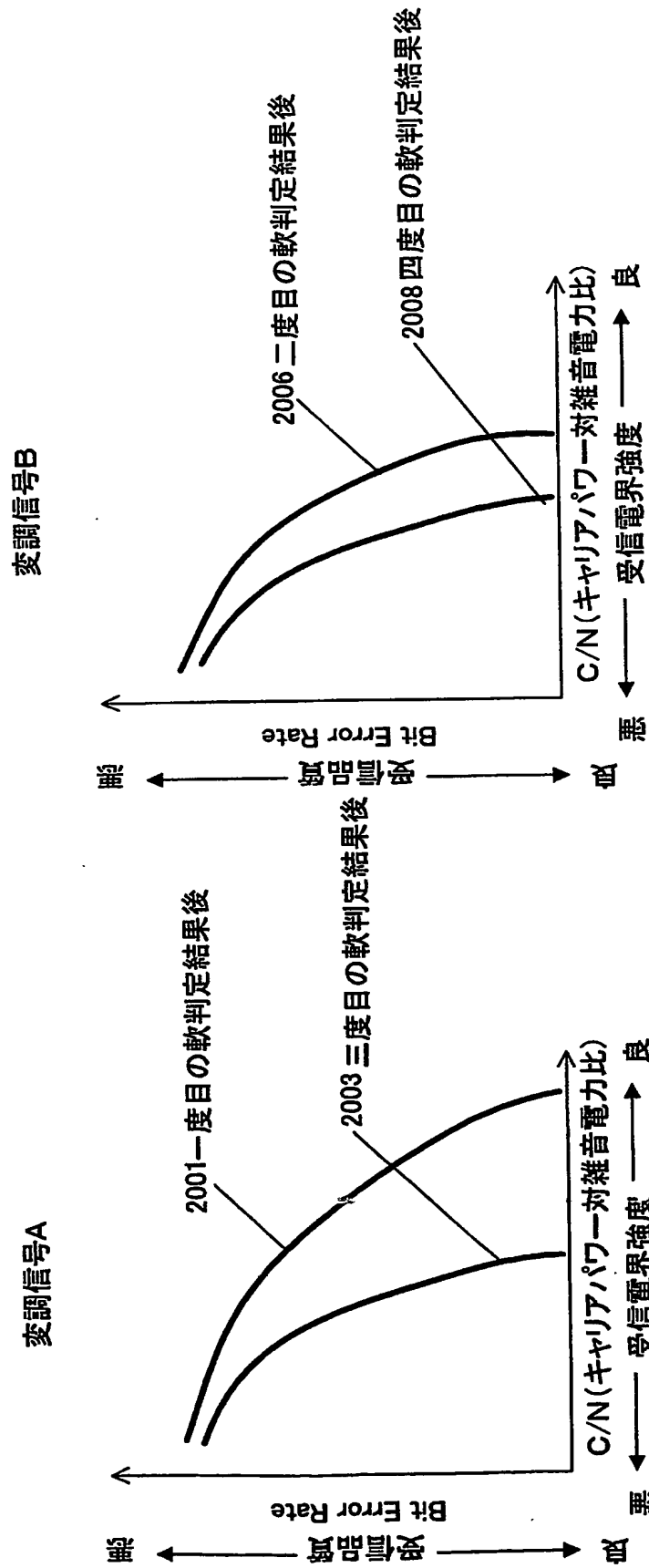
【図 18】



【図19】



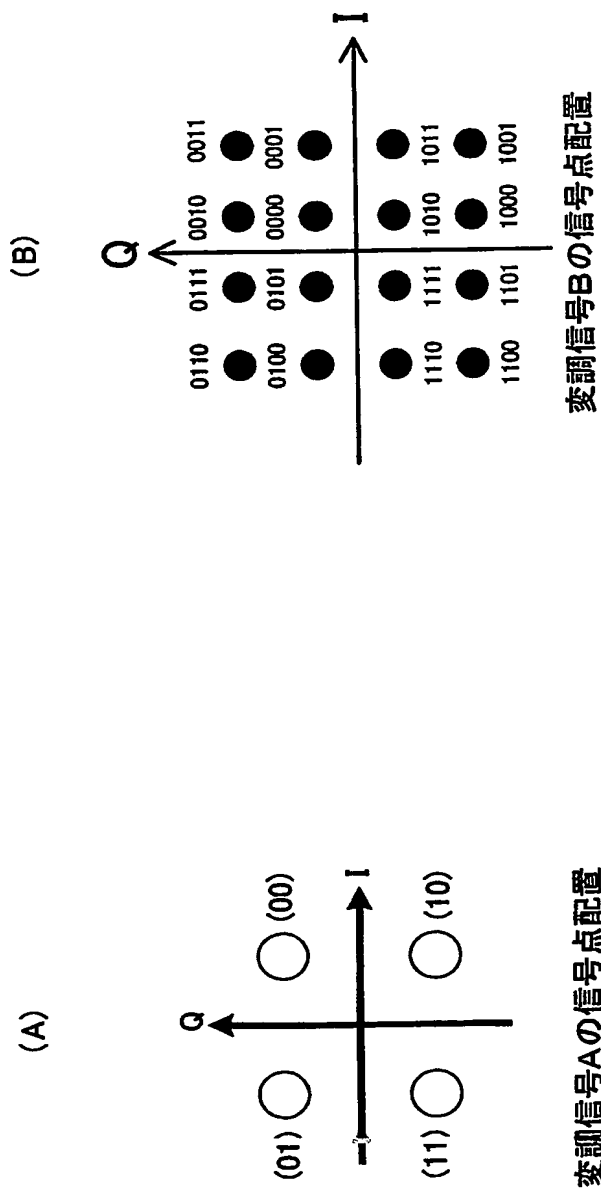
【図 20】



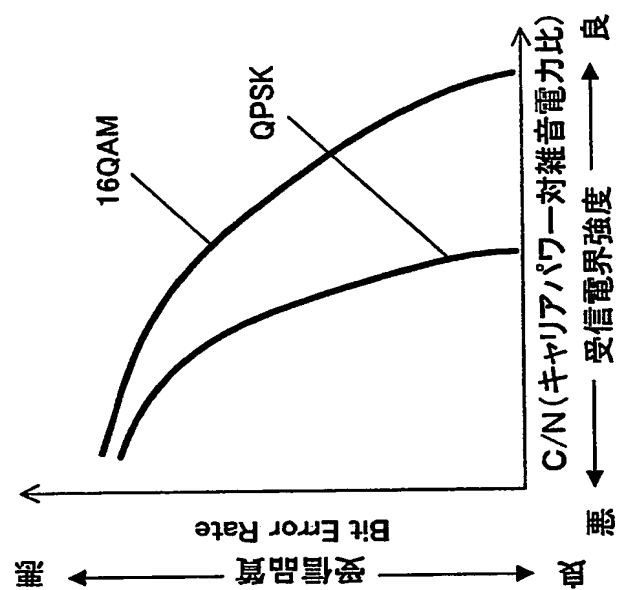
(B)

(A)

【図 21】

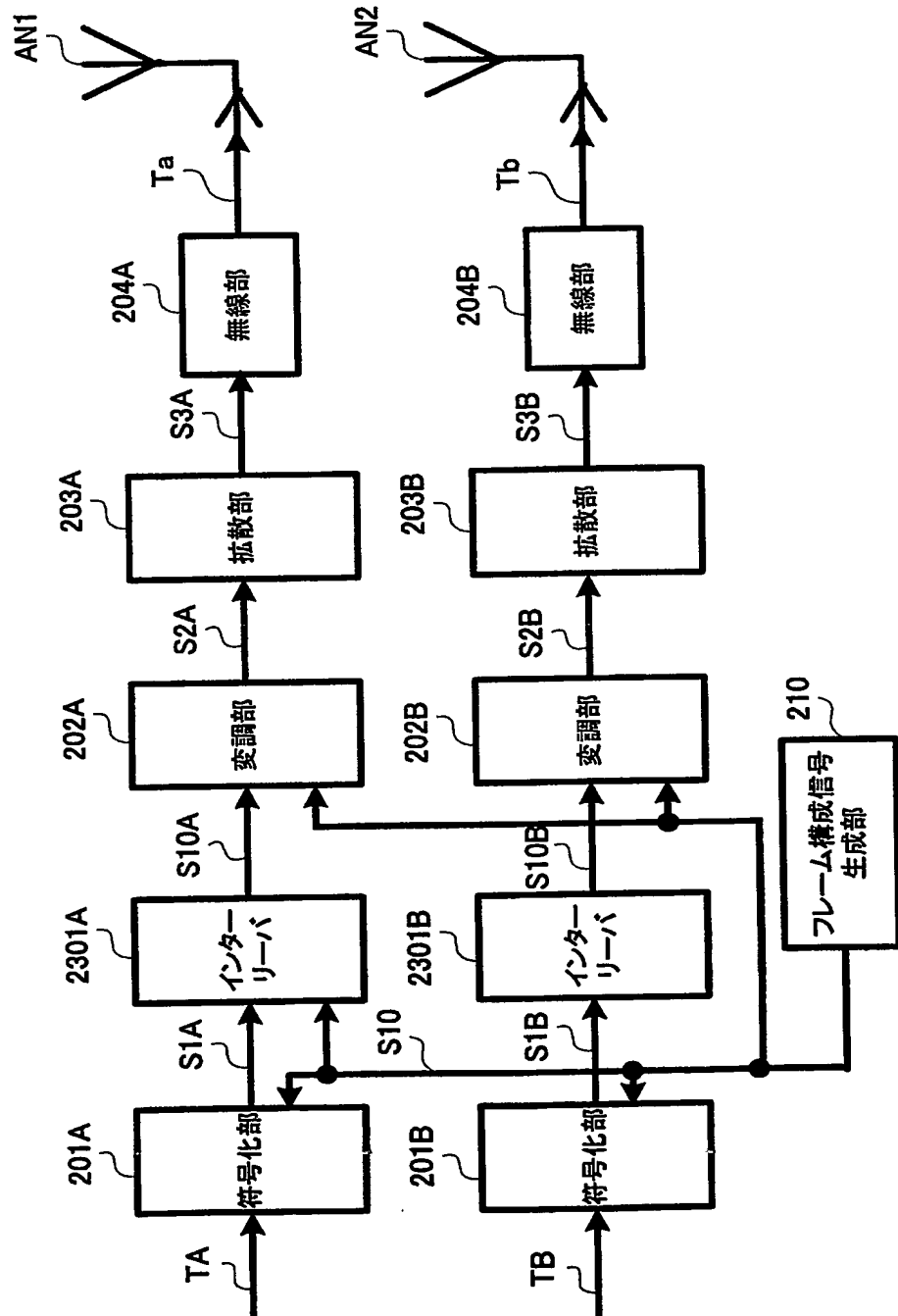


【図 22】

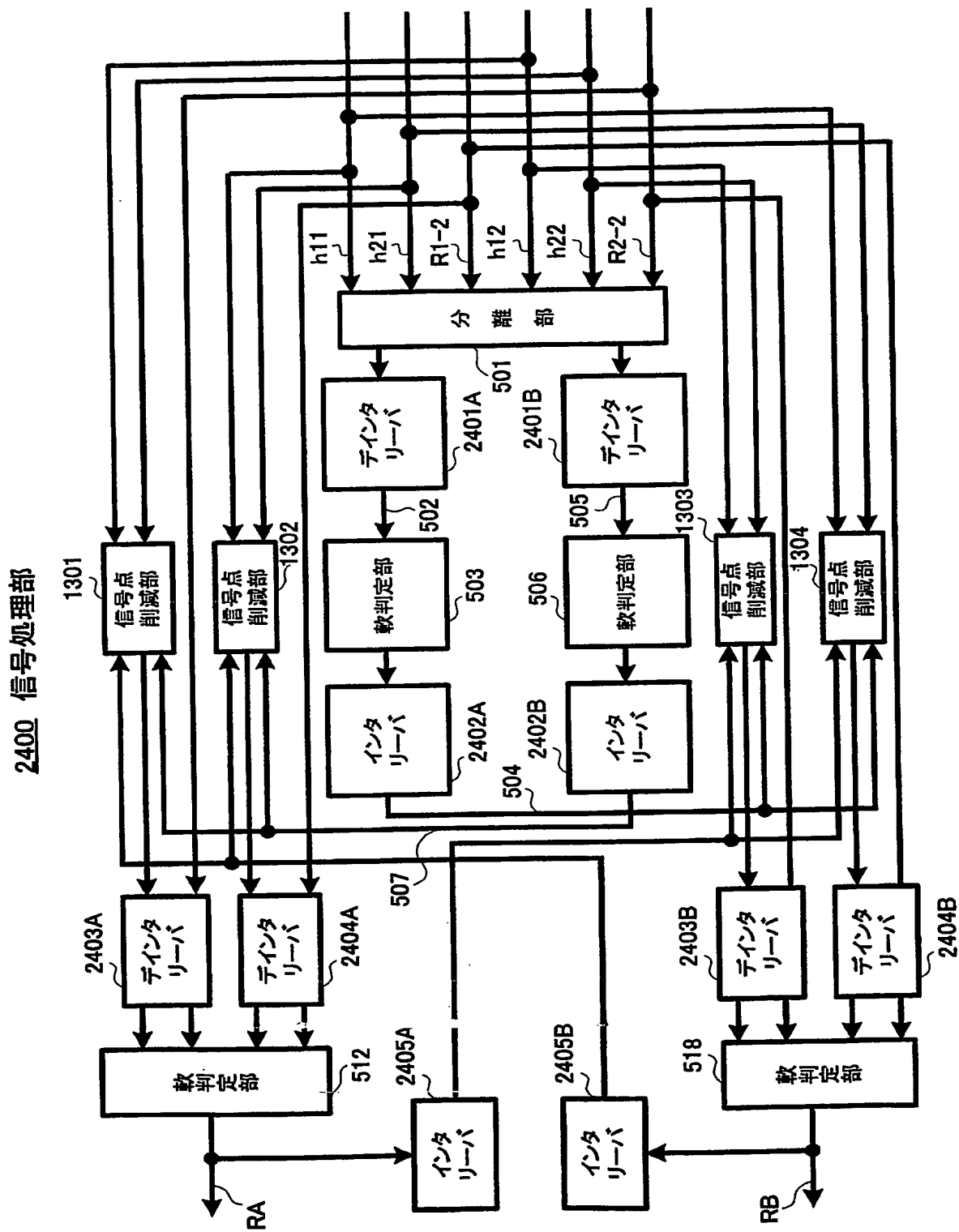


【図 23】

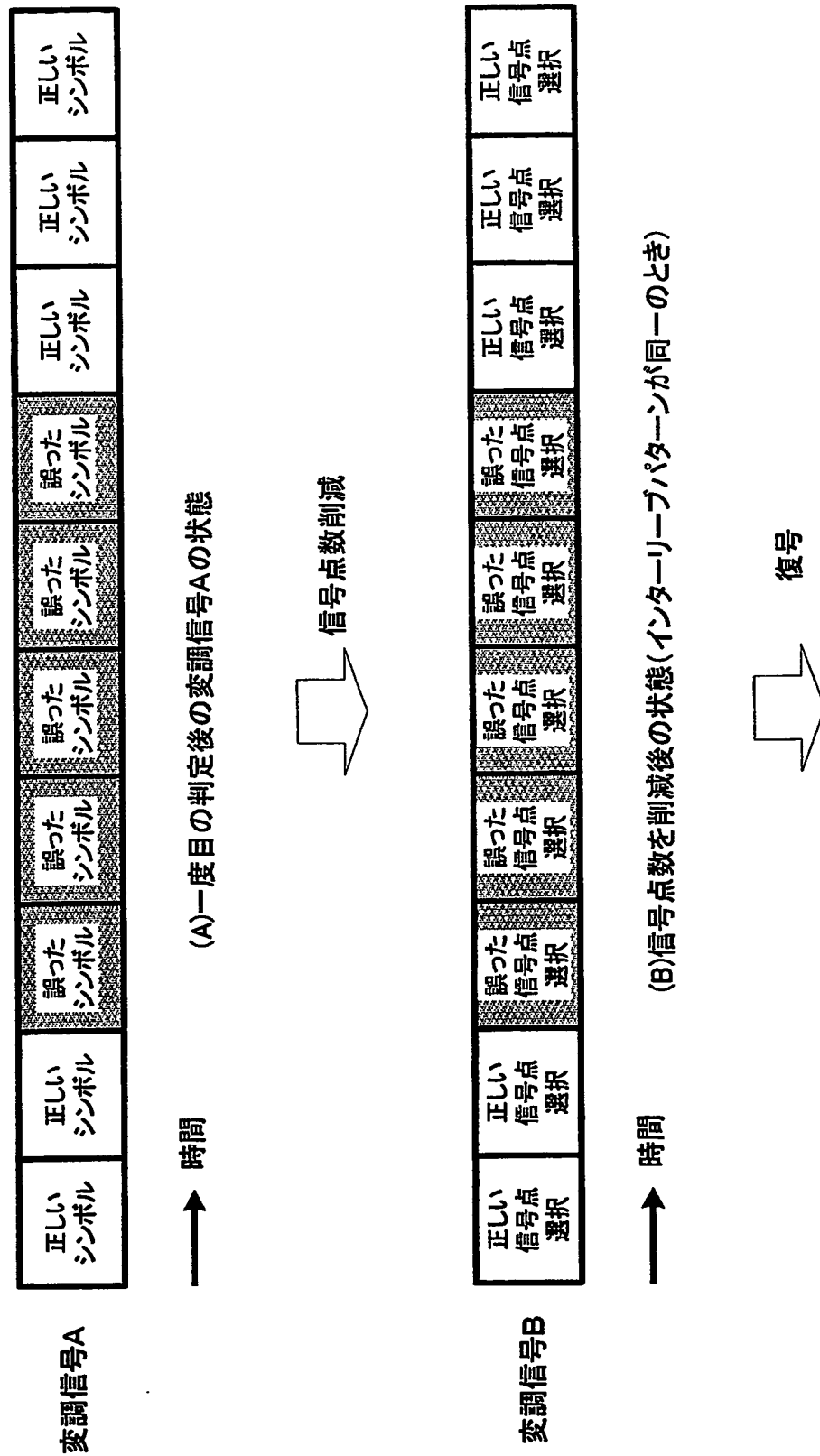
2300 マルチアンテナ送信装置



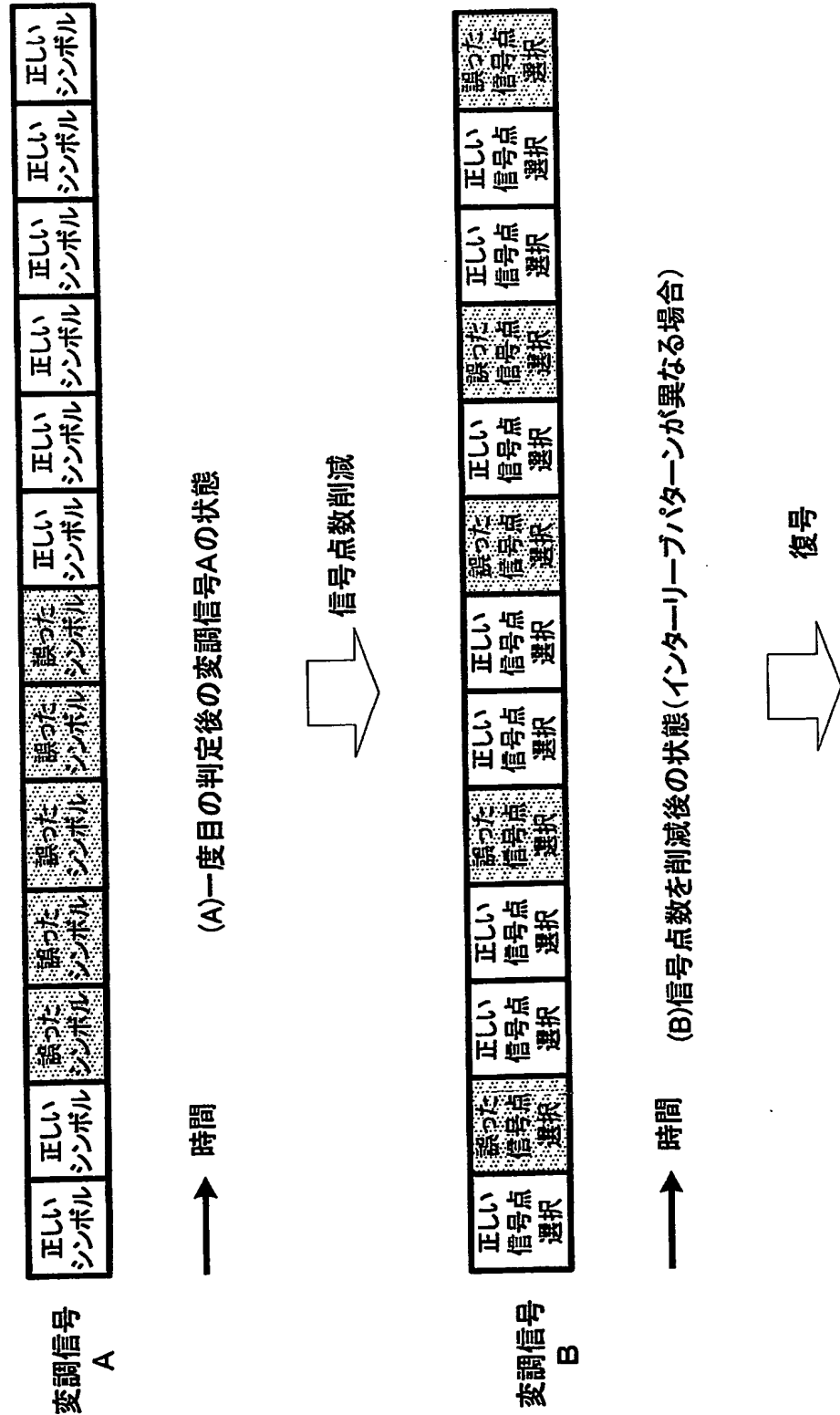
【図 24】



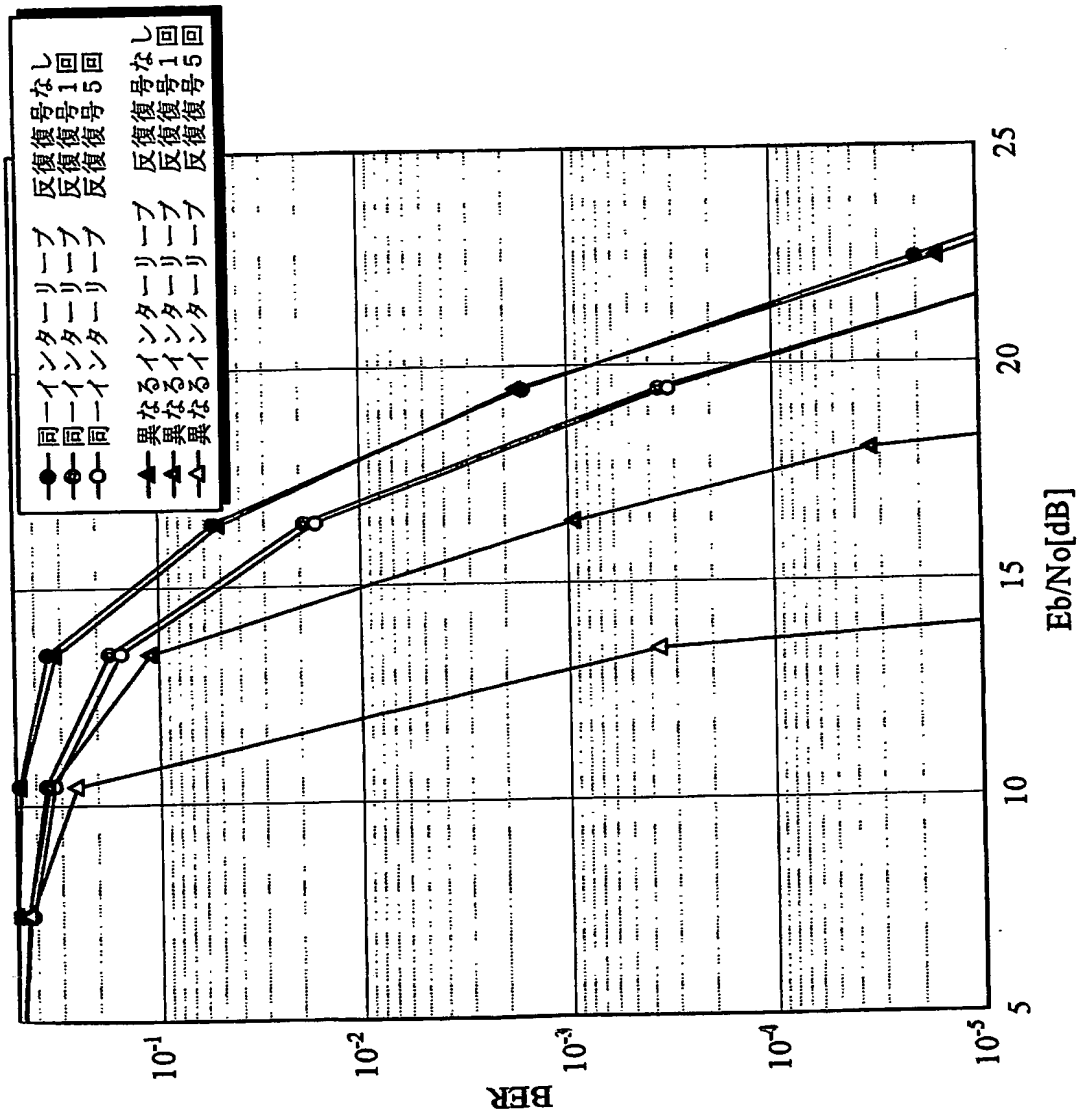
【図 25】



【図 26】

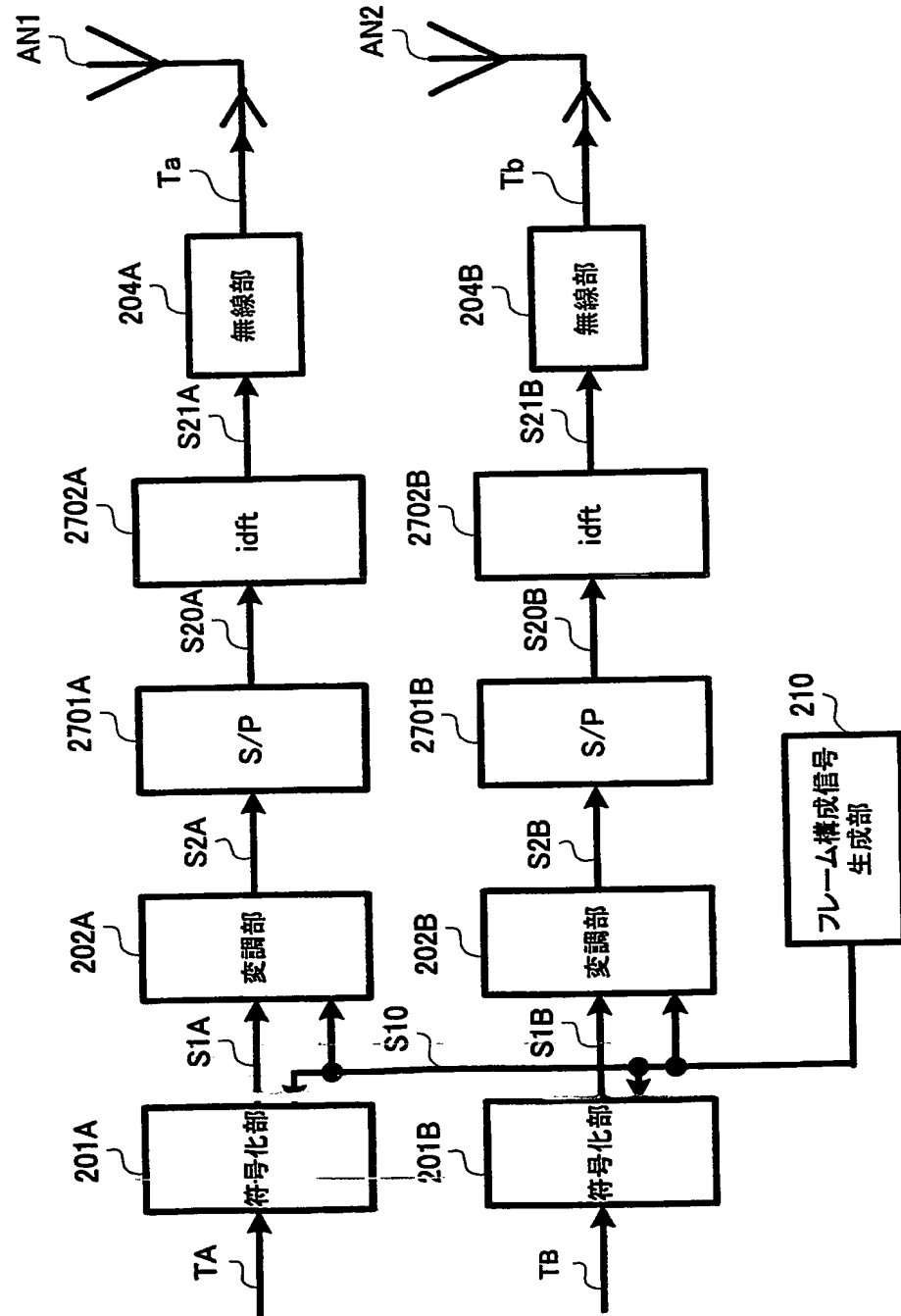


【図27】

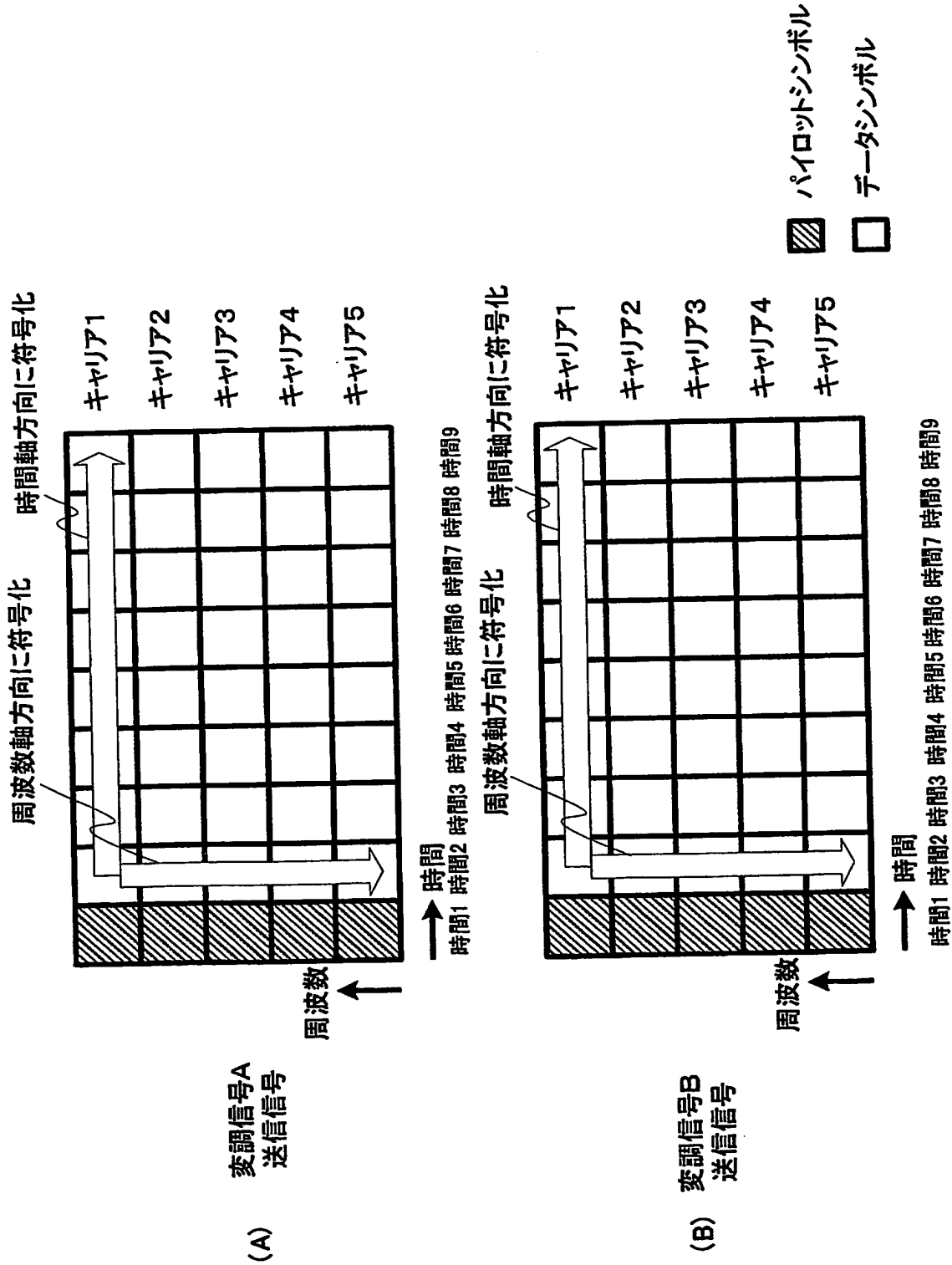


【図 28】

2700 マルチアンテナ送信装置

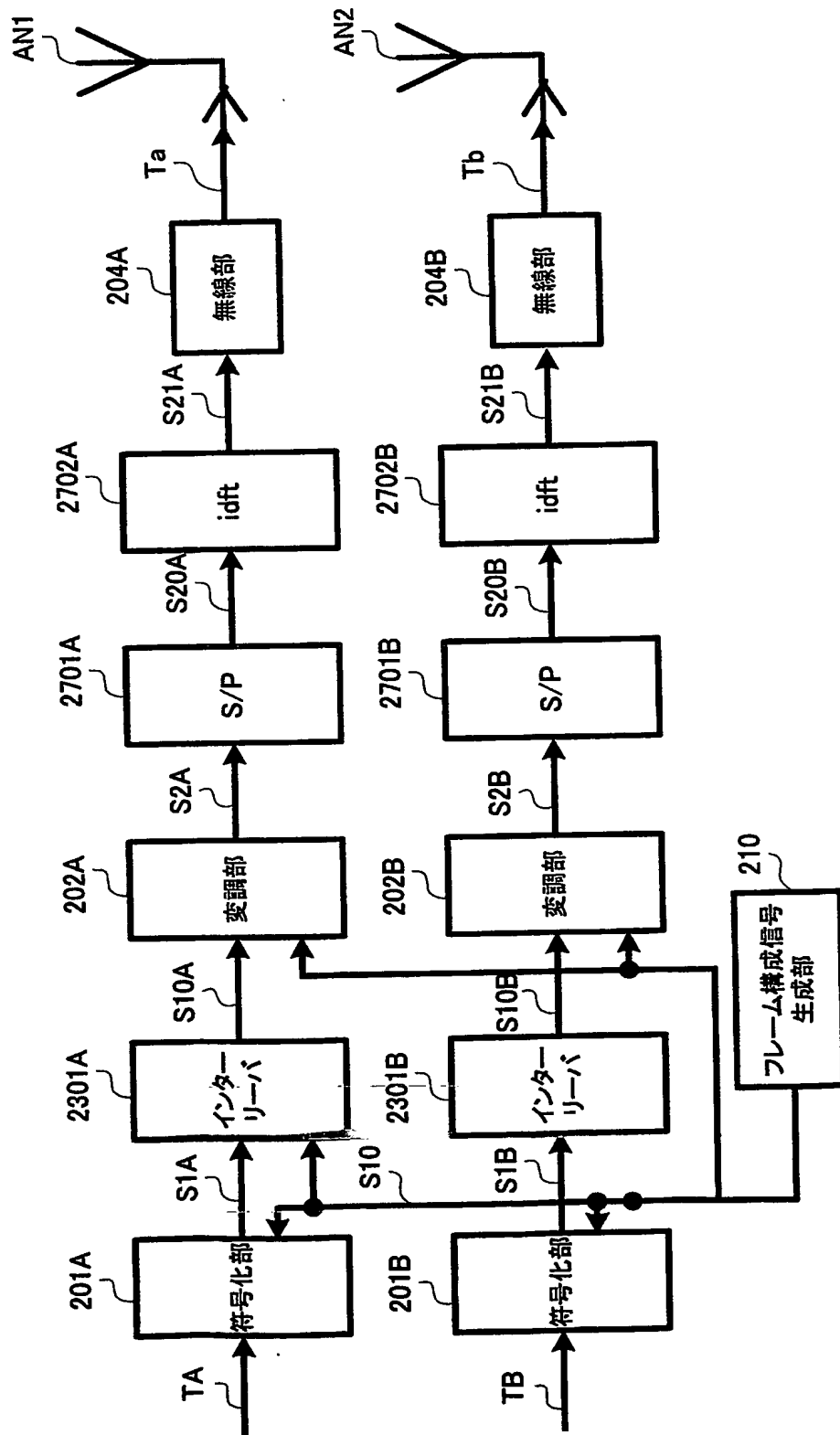


【図 29】



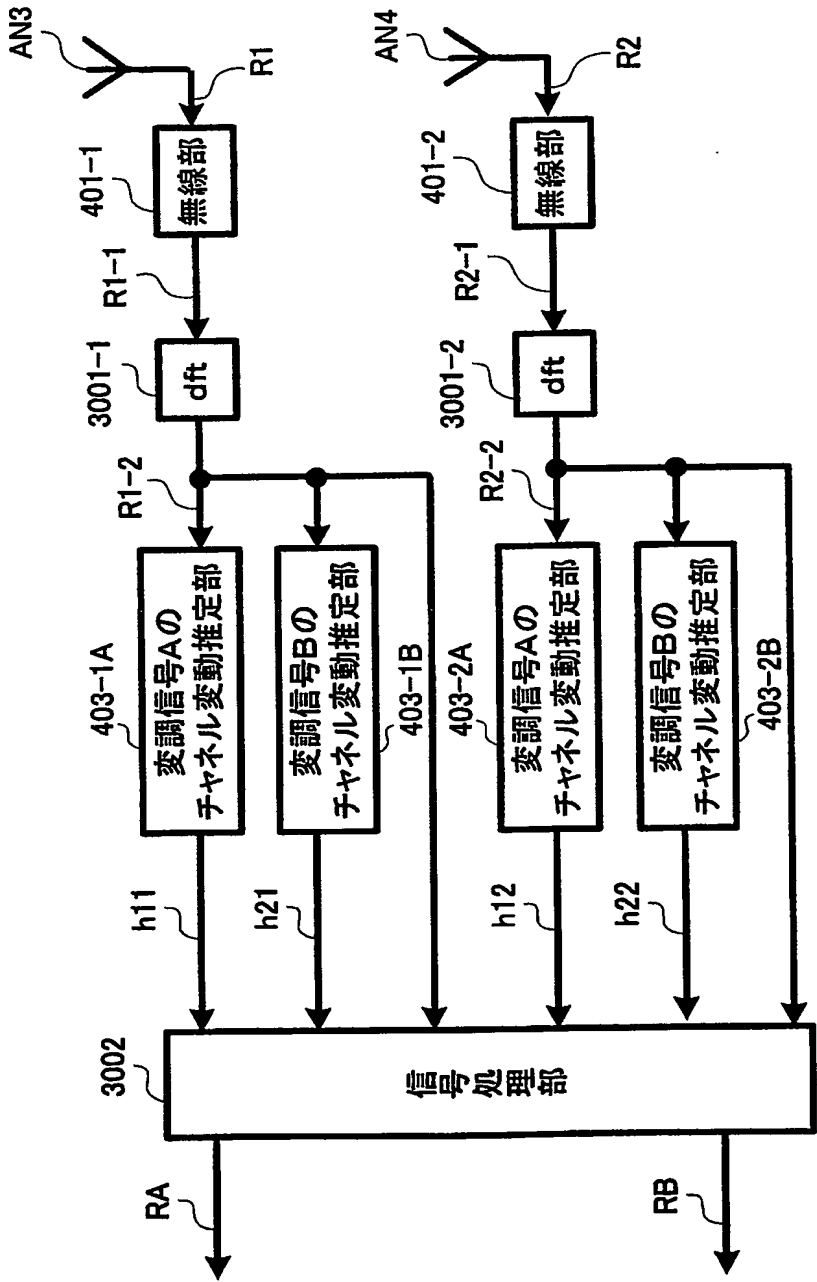
【図 30】

2900 マルチアンテナ送信装置

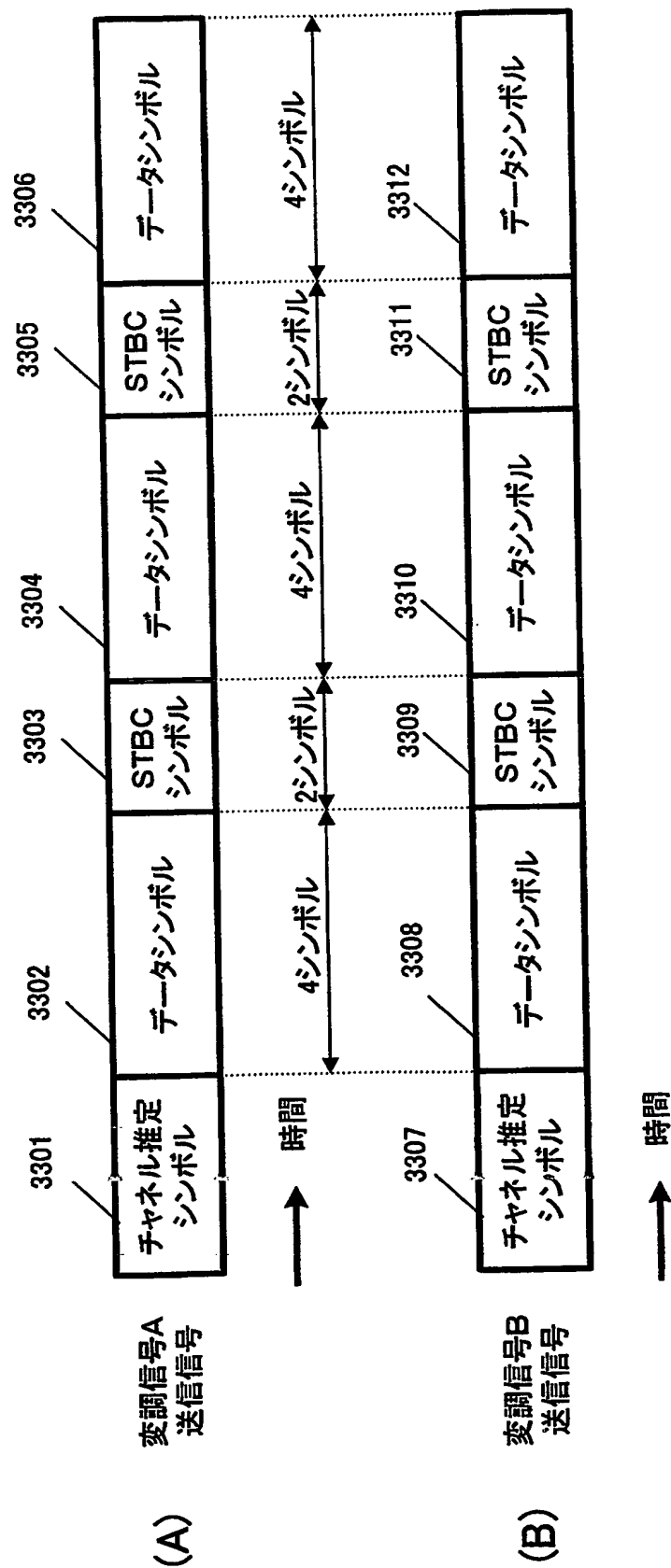


【図 31】

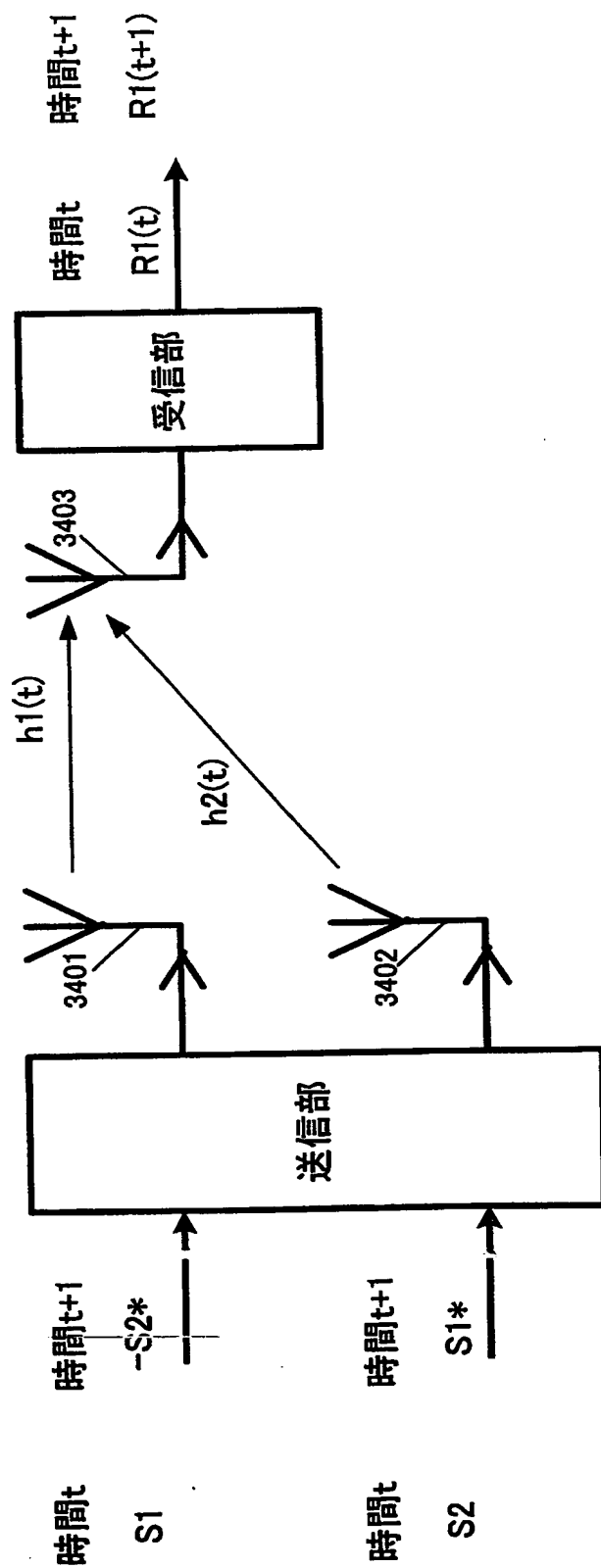
3000 マルチアンテナ受信装置



【図 33】

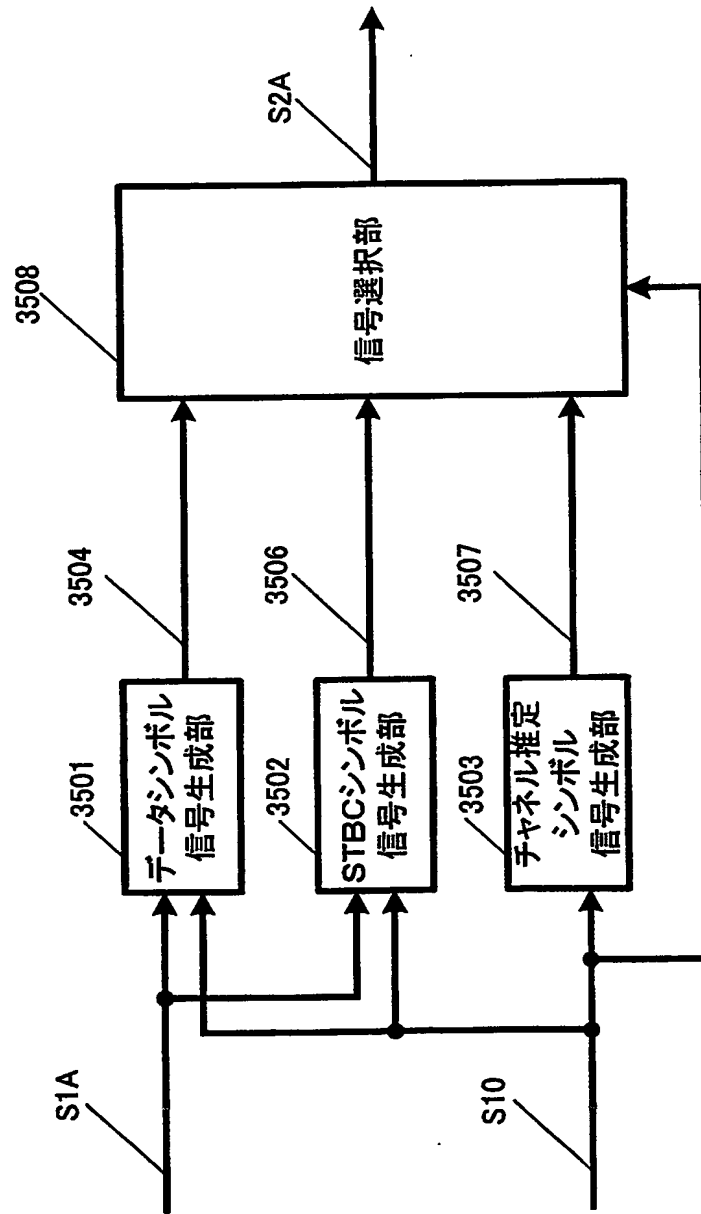


【図 34】

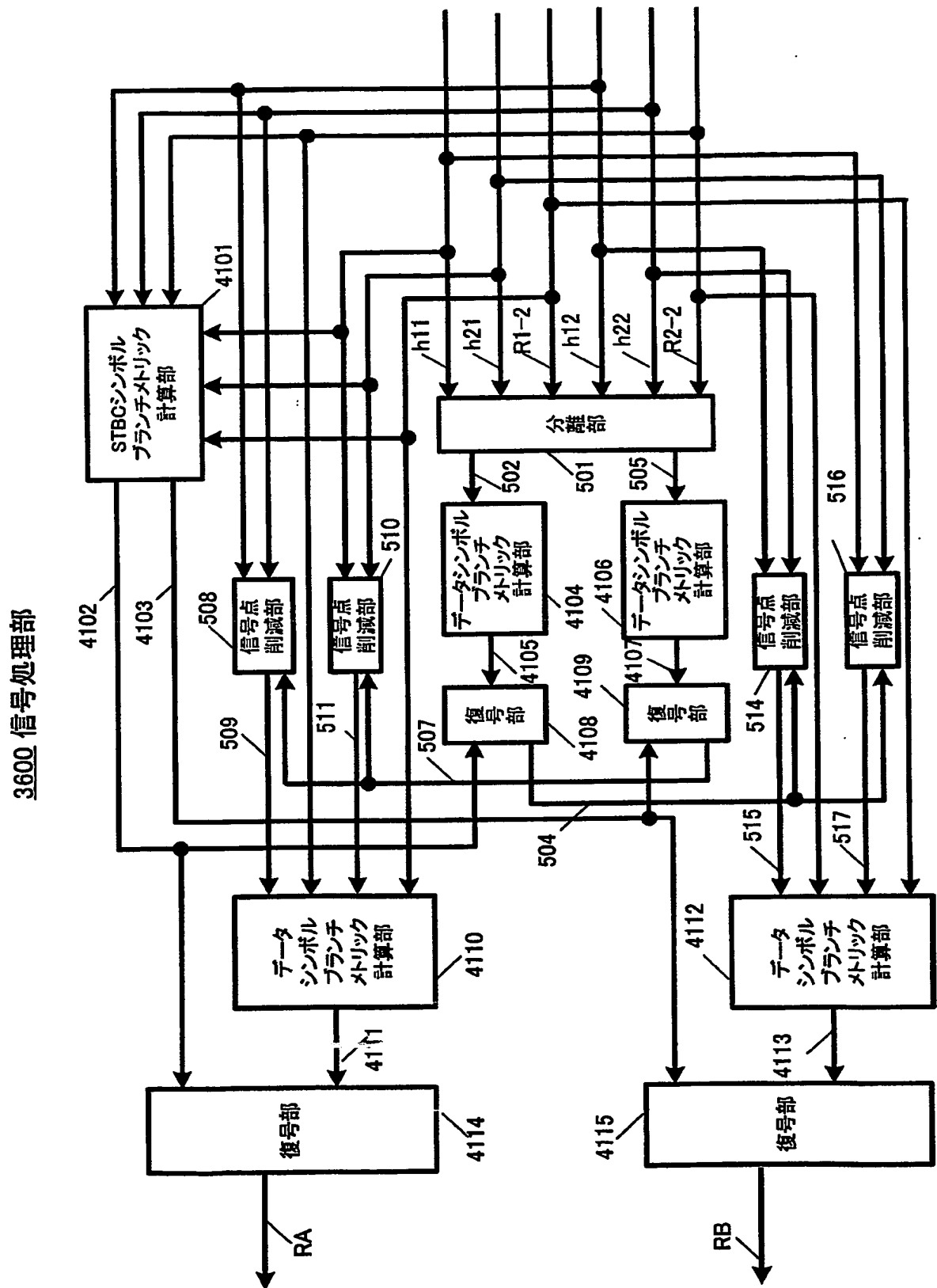


【図 35】

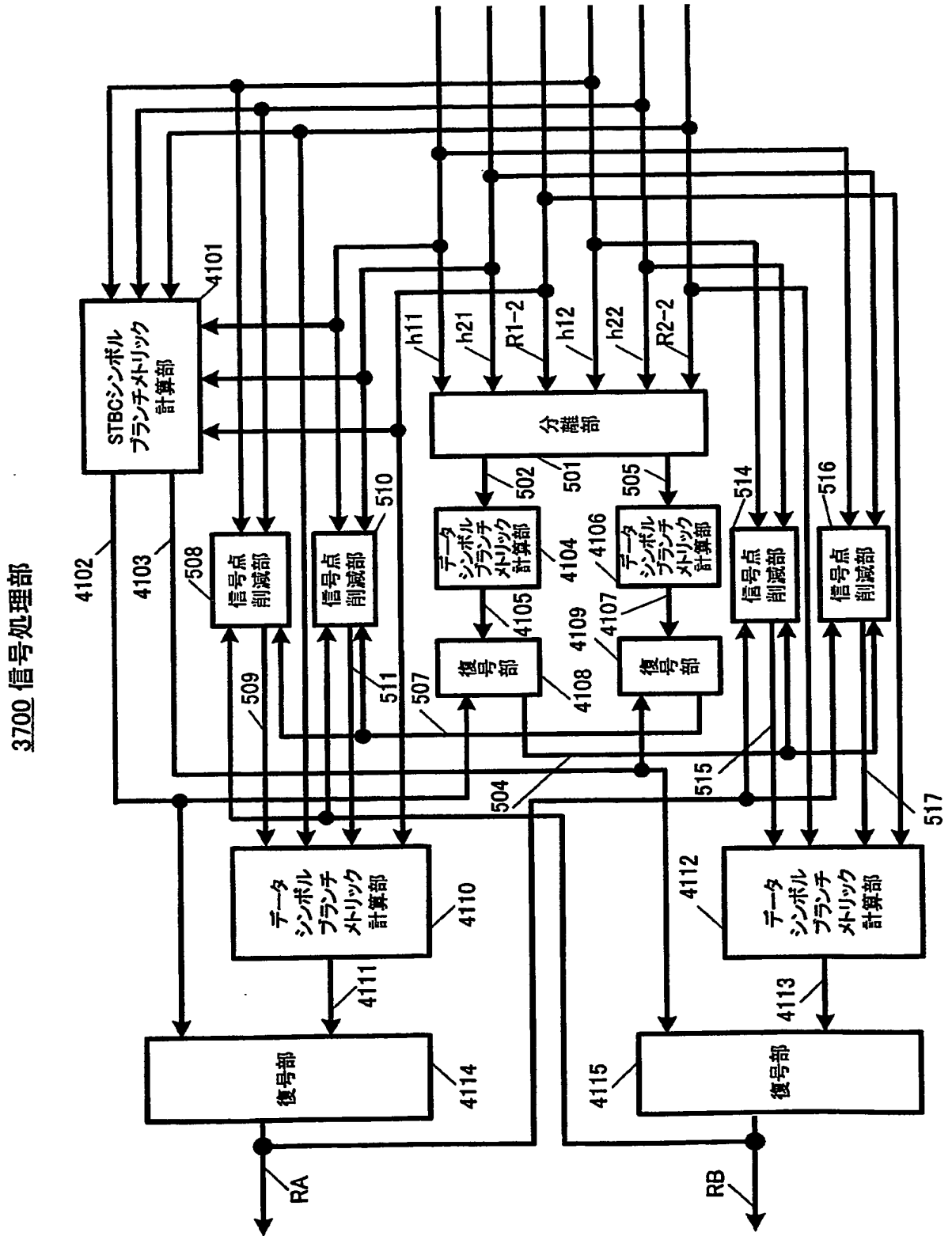
202A (202B)



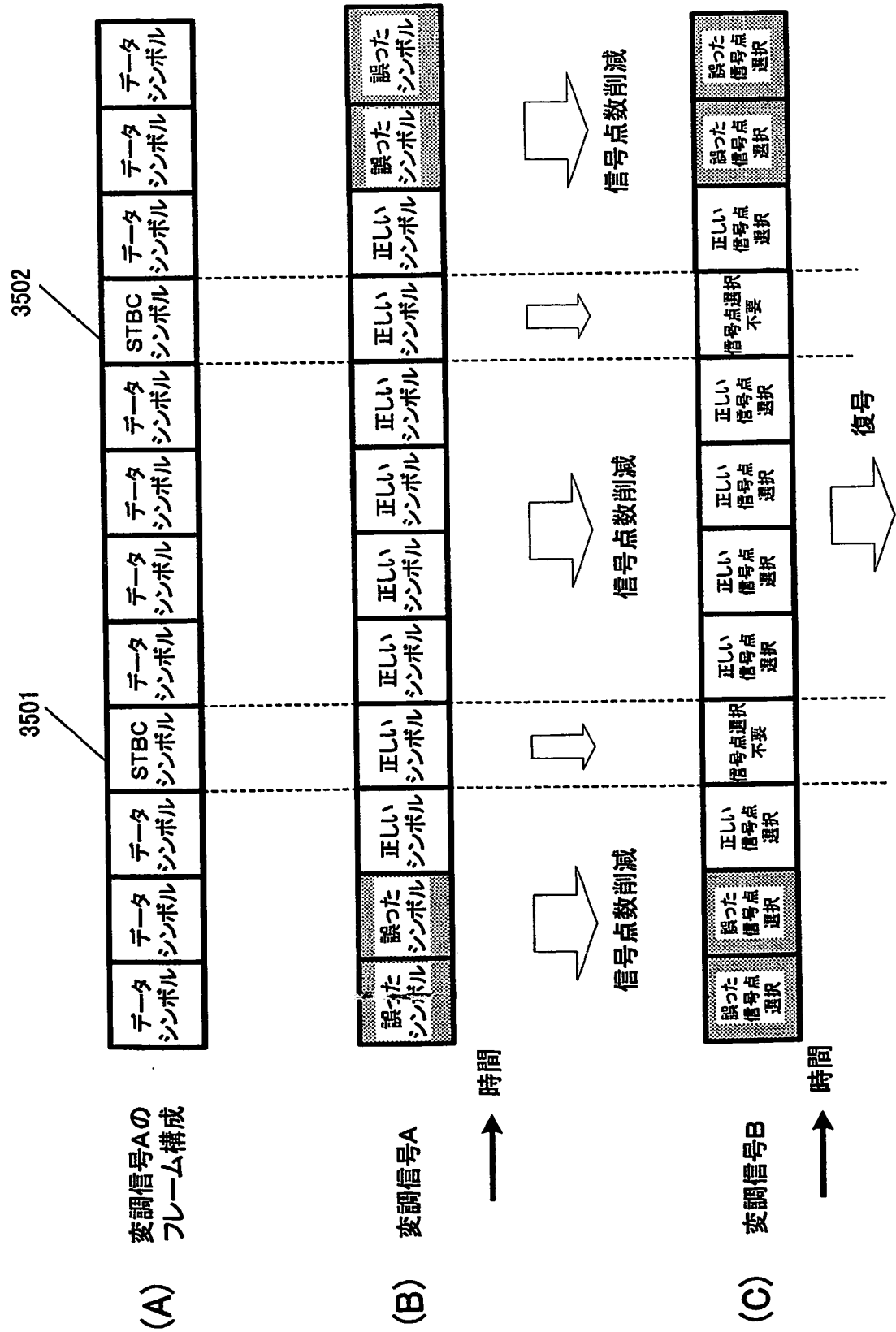
【図 36】



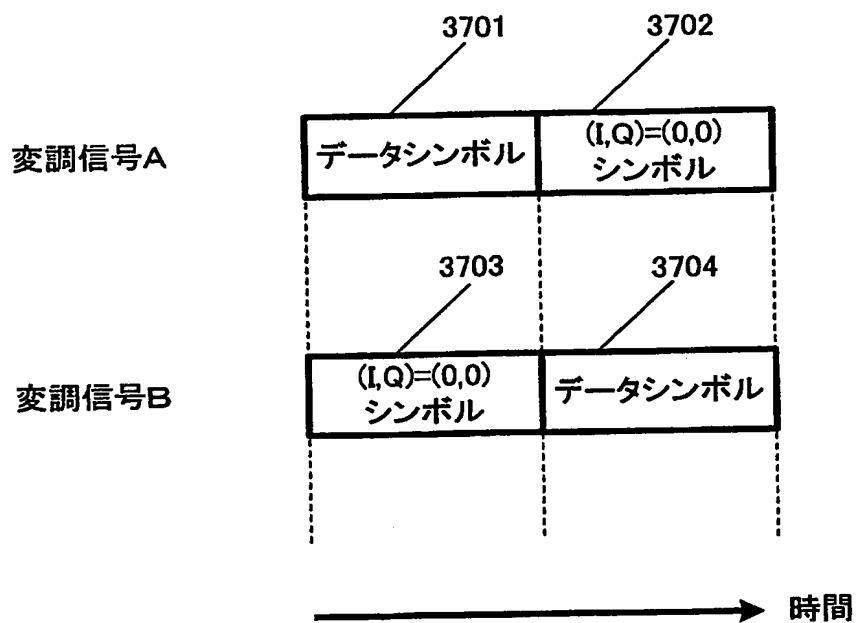
【図 37】



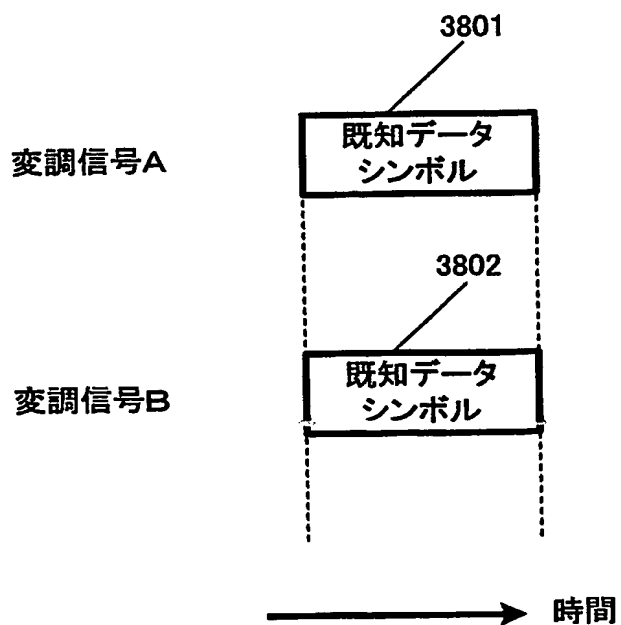
【図 38】



【図 39】

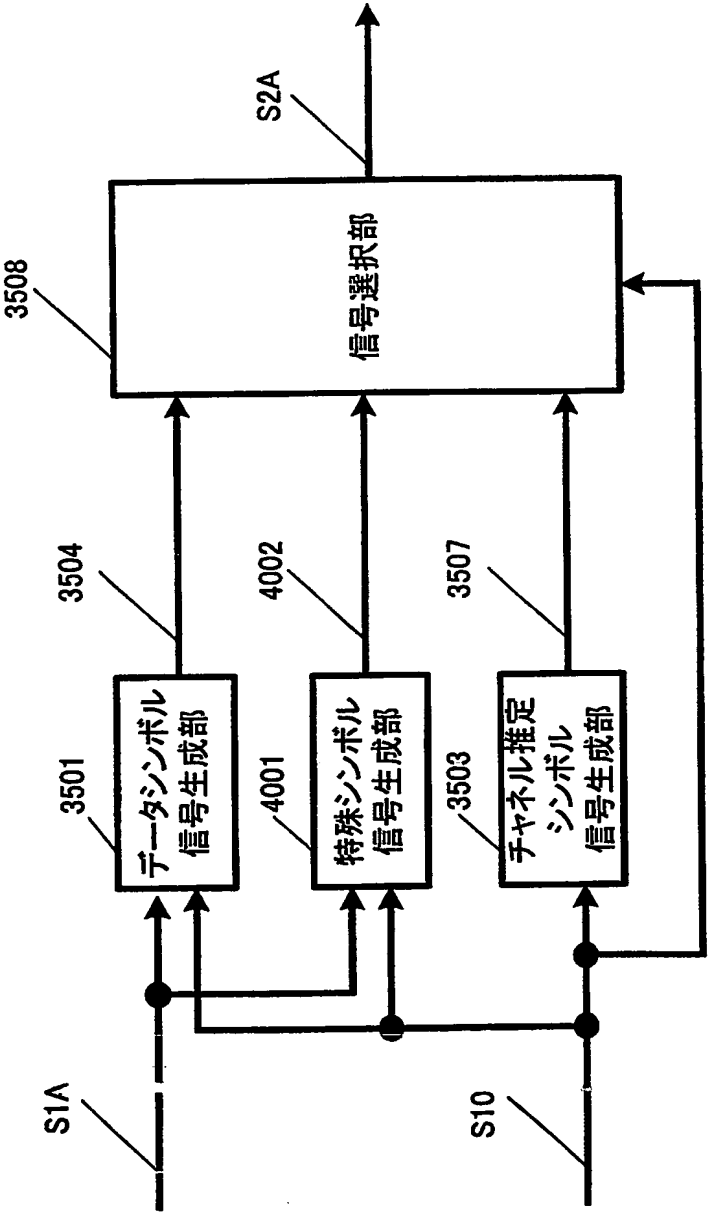


【図 40】

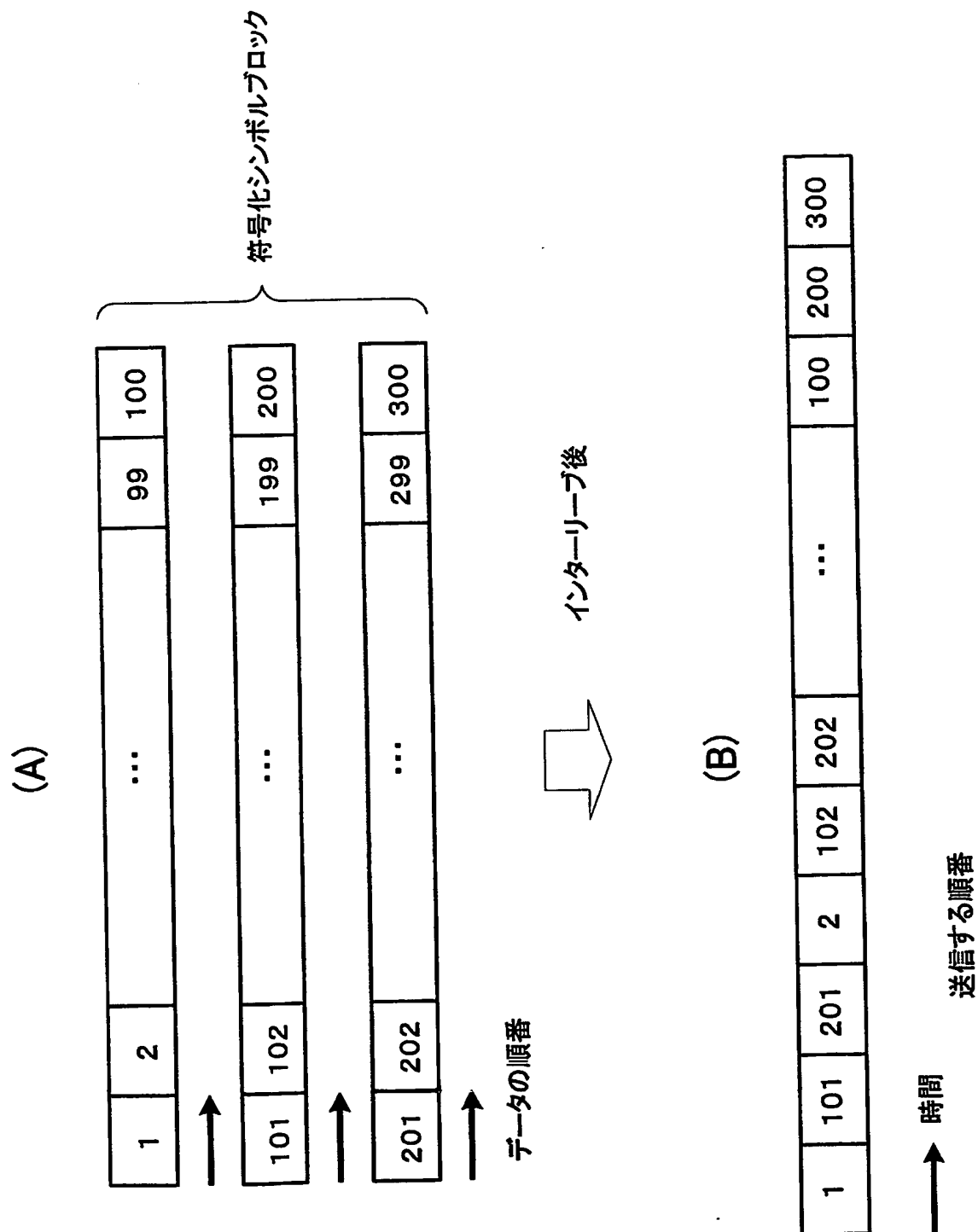


【図 41】

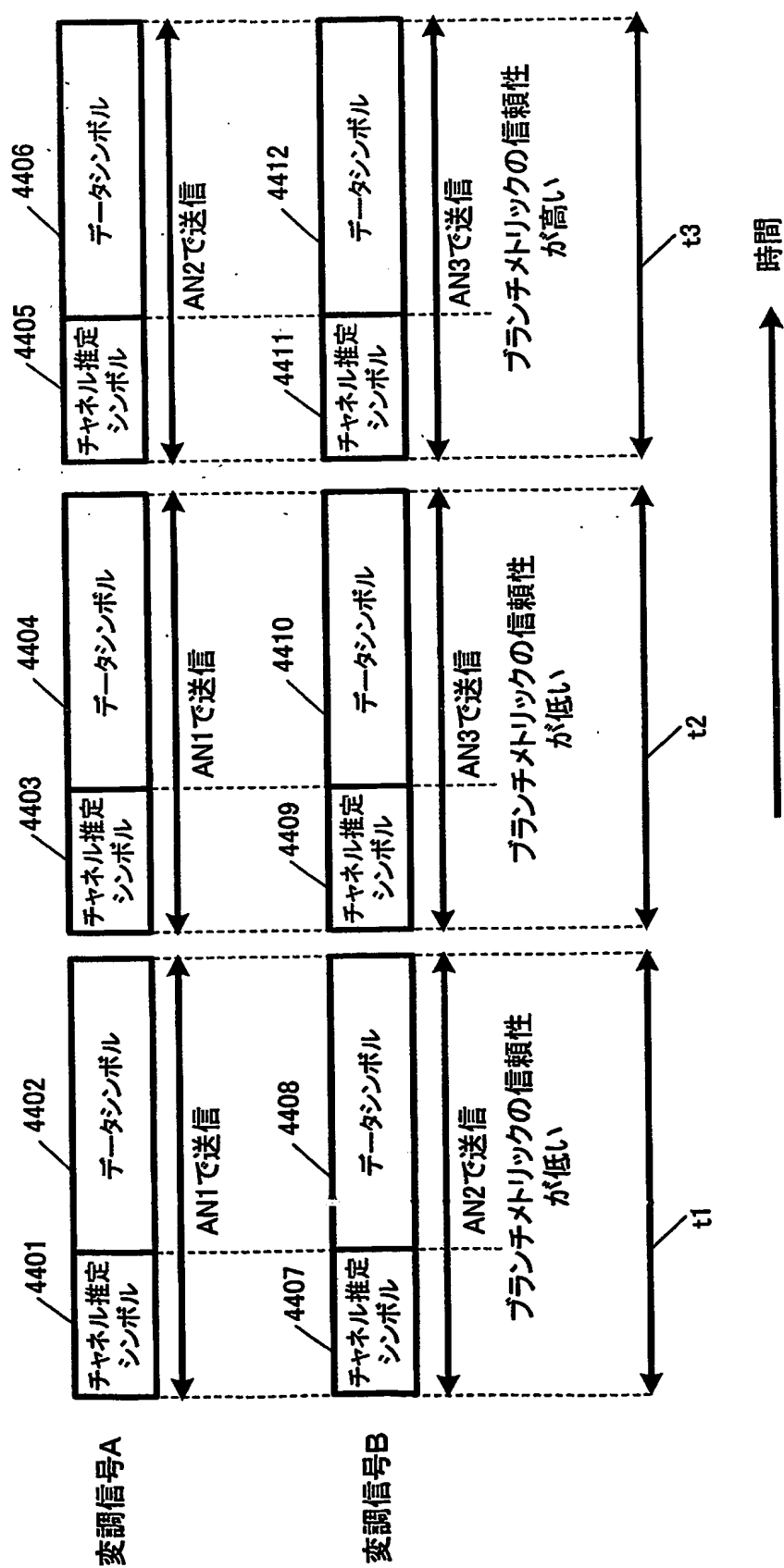
202A (202B)



【図 43】

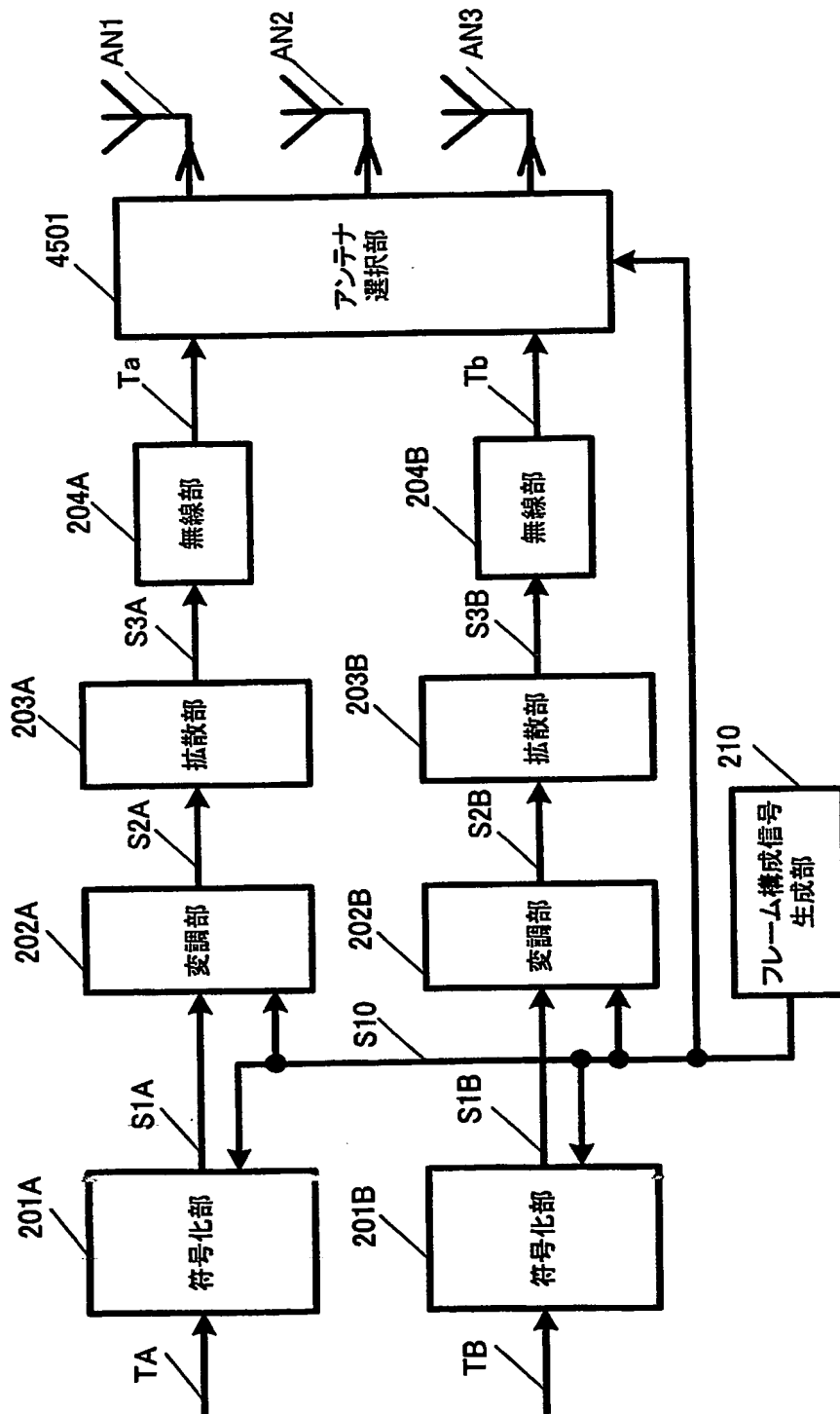


【図 4 4】

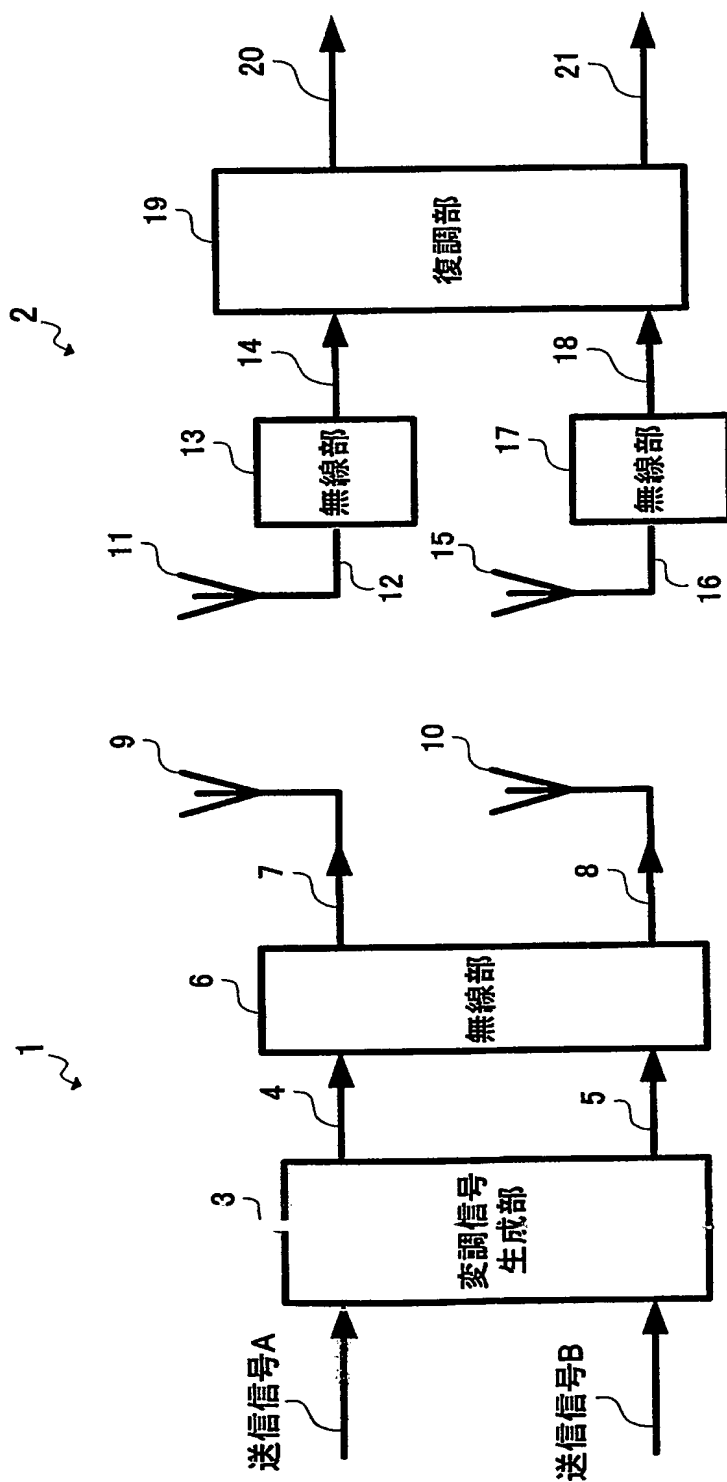


【図 45】

4500 マルチアンテナ送信装置



【図 46】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 誤り率特性を維持しつつ、装置構成を簡単化できるマルチアンテナ受信装置を提供すること。

【解決手段】 軟判定部503、506は、分離部501でチャネル変動行列の逆行列演算を用いて分離された各変調信号502、505を仮判定する。信号点削減部508、510、514、516は、多重化された変調信号の候補信号点数を仮判定結果504、507を用いて削減する。軟判定部512、518は、削減した候補信号点を用いて正確な判定を行って各変調信号の受信データRA、RBを得る。これにより、少ない演算量で誤り率特性の良い受信データRA、RBを得ることができる。

【選択図】 図5

特願 2 0 0 4 - 0 0 3 8 8 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 8 2 1]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 8 日

[変更理由]

新規登録

住 所

大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地

氏 名

松下電器産業株式会社

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP04/017096

International filing date: 17 November 2004 (17.11.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2004-003885
Filing date: 09 January 2004 (09.01.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 20 January 2005 (20.01.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record.**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.